

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-graduação em Engenharia de
Produção

FERRAMENTAS VIRTUAIS NA EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA A DISTÂNCIA : o caso dos
Laboratórios virtuais e *softwares* de simulação

Maurício Alves Mendes

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em
Engenharia de Produção.

Florianópolis
2001

Maurício Alves Mendes

FERRAMENTAS VIRTUAIS NA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA A DISTÂNCIA : o caso dos Laboratórios virtuais e *softwares* de simulação

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção** no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 27 de junho de 2001

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Francisco Antonio Pereira Fialho, Dr.Eng.
Orientador**

Prof.^a Ana Elizabeth Moiseichyk, Dra.

Prof. Alejandro Martins, Dr.

À minha Mãe Thereza (in memorian),
minha estimada primeira Professora.

Ao meu estimado Pai Hamilton.

À minha amada esposa Silmara, pelo apoio constante.

Aos meus filhos Hamilton Neto e Carolina,
motivo da minha existência.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Santa Catarina
Ao Orientador, Prof. Francisco Antônio Pereira Fialho,
pelo pronto e eficiente atendimento e pela amizade,
Aos Professores e Funcionários e Monitores do Programa de
Pós-graduação em Engenharia da Produção
Ao CEFET-PR.

A todos que direta ou indiretamente
contribuíram para a realização desta pesquisa.

Sumário

Lista de figuras	p. viii
Lista de quadros.....	p. x
Lista de reduções.....	p. xi
Resumo.....	p. xii
Abstract.....	p. xiii
 1 INTRODUÇÃO.....	 p. 1
1.1 Justificativa	p. 4
1.2 Estabelecimento do problema.....	p. 8
1.3 Hipóteses gerais e questões.....	p. 8
1.3.1 Hipóteses.....	p. 9
1.3.2 Questionamentos.....	p. 9
1.4 Objetivos Gerais e Específicos.....	p. 11
1.4.1 Objetivo Geral.....	p. 11
1.4.2 Objetivos Específicos.....	p. 11
1.5 Metodologia Prevista.....	p. 12
1.6 Limites da Pesquisa.....	p. 14
1.7 Descrição dos Capítulos.....	p. 14
 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	 p. 17
2.1 Os <i>softwares</i> de simulação.....	p. 18
2.2 Simuladores On-line.....	p. 21
2.3 Laboratórios de Realidade Virtual.....	p. 24
2.4 Laboratórios Remotos.....	p. 29
2.5 Virtualidade no Ensino.....	p. 36

3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	p. 39
3.1 Classificação da pesquisa.....	p. 39
3.2 Classificação do Método.....	p. 40
3.3 Descrição das etapas da pesquisa.....	p. 40
3.4 Avaliação de Ferramentas de Simulação em Experimentos de Eletricidade/Eletrônica.....	p. 42
3.4.1 Softwares de simulação off-line.....	p. 44
3.4.2 Sites de simulação on-line.....	p. 44
3.4.3 Sites de Laboratórios Remotos experimentados.....	p. 45
3.5 Avaliação da Empregabilidade de Simulador em Experimentos Práticos Efetuados por Estudantes.....	p. 45
3.5.1 Tarefas apresentadas aos alunos.....	p. 47
3.5.2 Seqüência dos ensaios de aplicação da ferramenta.....	p. 49
3.5.3 Avaliação do desempenho dos estudantes.....	p. 51
4 RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA PESQUISA.....	p. 53
4.1 Avaliação dos softwares de simulação off-line.....	p. 53
4.1.1 Simulador TINA – Complete Electronics Lab.....	p. 54
4.1.2 Simulador CIRSIM – Electronic Circuit Simulator.....	p. 56
4.1.3 Simulador SpiceNet.....	p. 60
4.1.4 Simulador Crocodile Physics.....	p. 61
4.1.5 Simulador Electronics Workbench.....	p. 66
4.2 Avaliação dos simuladores <i>on-line</i>	p. 69
4.2.1 Simuladores de Circuitos Básicos de Eletricidade.....	p. 70
4.2.2 Simuladores de Circuitos Digitais.....	p. 74
4.2.3 Osciloscópio Básico Simulado.....	p. 75
4.2.4 Simulador de Experimento sobre Ponte de Wheatstone.....	p. 76
4.2.5 Simulador de Filtro Ressonante RLC.....	p. 78

4.3	Empregabilidade de simulador em experimentos práticos por estudantes.....	p. 79
4.3.1	Elaboração de conexões e montagem de circuitos simulados....	p. 80
4.3.2	Operação de instrumentos de medição, geradores e fontes de alimentação.....	p. 82
4.3.3	Medidas de grandezas eletro-eletrônicas e obtenção de formas de onda.....	p. 85
4.3.4	Ensaio sem a presença do Professor.....	p. 87
4.3.5	Comparação do desempenho entre as duas turmas.....	p. 90
4.4	Avaliação dos laboratórios remotos.....	p. 91
4.4.1	Laboratório Remoto de Automação.....	p. 91
4.4.2	Laboratório Remoto de Eletricidade/Eletrônica Básica.....	p. 93
4.5	Avaliação da Metodologia adotada.....	p. 96
5	CONCLUSÕES.....	p. 98
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	p. 111
7	GLOSSÁRIO.....	p. 116

Lista de Figuras

Figura1: Experimento de Física – Momento de Inércia.....	p. 22
Figura 2: Osciloscópio Básico.....	p. 23
Figura 3: Laboratório Virtual de Química – UFSC.....	p. 27
Figura 4: Maxwell World.....	p. 28
Figura 5: Imersão entre cargas elétricas.....	p. 28
Figura 6: Newton World.....	p. 28
Figura 7: Alterando virtualmente massa de corpos.....	p. 28
Figura 8: Laboratório Remoto de Automação.....	p. 31
Figura 9: FAU, EUA – Laboratório Remoto de Eletricidade Básica.....	p. 33
Figura 10: FAU, EUA – Laboratório Remoto/ Câmera telecontrolada.....	p. 33
Figura 11: FAU, EUA – Laboratório Remoto/ Interface com o Usuário.....	p. 34
Figura 12: FAU,EUA - Laboratório Remoto de Física.....	p. 35
Figura 13: Simulador TINA – Complete Electronics Lab.....	p. 56
Figura 14: Simulador CIRSIM 2.1 – Edição de Circuitos.....	p. 57
Figura 15: Simulador CIRSIM 2.1 – Definição de escalas.....	p. 58
Figura 16: CIRSIM 2.1 – Resultado da aplicação de um pulso simulado...	p. 59
Figura 17: Simulador Spice Net – Tela de edição e ensaio.....	p. 60
Figura 18: Simulador Spice Net – Análise de Sinais.....	p. 61
Figura 19: Simulador Crocodile Physics – circuito oscilador 555 e forma de onda.....	p. 62
Figura 20: Simulador Crocodile Physics – circuito eletromecânico com animação.....	p. 63
Figura21: Simulador Crocodile Physics – circuito com imagens de componentes reais.....	p. 64
Figura 22: Simulador Electronics Workbench – Filtro ativo analisado por osciloscópio e Bode Plotter.....	p. 67
Figura 23: Simulador Electronics Workbench – Tela ampliada do osciloscópio duplo-traço virtual.....	p. 68
Figura 24: Simulador de Circuito RC.....	p. 70

Figura 25: Ensaio da Lei de Ohm.....	p. 71
Figura 26: Ensaio de resistências em série.....	p. 71
Figura 27: Ensaio de resistências em paralelo.....	p. 72
Figura 28 :Ensaio e animação com gerador de corrente alternada e contínua.....	p. 73
Figura 29: Ensaio de circuitos com portas lógicas.....	p. 74
Figura 30: Osciloscópio elementar.....	p. 75
Figura 31: Ensaio com ponte de <i>Wheatstone</i> com multímetro ajustável...	p. 77
Figura 32: Filtro ressonante RLC.....	p. 78
Figura 33: Ajustes dos componentes e osciloscópio simulado.....	p. 79
Figura 34: Tempo de montagem do circuito da tarefa 2.....	p. 81
Figura 35: Precisão dos resultados da tarefa 2.....	p. 82
Figura 36: Precisão dos resultados da tarefa 1.....	p. 84
Figura 37: Precisão dos resultados da tarefa 4 (a distância).....	p. 88
Figura 38: Laboratório Remoto de Automação (ITESM) - Experimento com braço robotizado.....	p. 92
Figura 39: Laboratório Remoto (FAU) – Tela de acesso aos Experimentos.....	p. 94
Figura 40: Laboratório Remoto (FAU) – Tela de entrada de dados e controles.....	p. 95
Figura 41: Laboratório Remoto (FAU) – Imagens ao vivo e controles da câmera.....	p. 95

Lista de Quadros

Quadro 1: Evolução do Ensino a Distância no Brasil.....	p. 6
Quadro 2: <i>Softwares</i> de simulação empregados na pesquisa.....	p. 44
Quadro 3: Simuladores <i>on-line</i> testados.....	p. 44
Quadro 4: Laboratórios Remotos testados.....	p. 45
Quadro 5: Principais questionamentos dos alunos com relação à execução da tarefa 1.....	p. 85
Quadro 6: Comparação entre resultados de experimentos reais e simulados – aspecto técnico e didático.....	p. 87
Quadro 7: Questionamentos a distância.....	p. 89

Lista de Reduções

Siglas

CEFET-PR Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná

EWB Electronic Workbench

FAU Florida Atlantic University

HMD Head Mounted Display

ITESM Instituto Tecnológico Superior de Monterrey

RF Rádio Freqüência

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

UNIME Universidade de Messina

URJC Universidade Rei Juan Carlos

VRML Virtual Reality Modeling Language

Resumo

MENDES, Maurício Alves. **FERRAMENTAS VIRTUAIS NA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA A DISTÂNCIA : o caso dos Laboratórios virtuais e *softwares* de simulação.** Florianópolis, 2.001. 131f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2.001

Esta dissertação tem como objetivo apresentar uma avaliação da aplicação dos laboratórios de experimentos tecnológicos virtuais e das principais ferramentas de simulação de ensaios tecnológicos aplicáveis, principalmente, no ensino a distância. Os estudos aqui apresentados introduzem, ainda, uma reflexão sobre a aplicabilidade das técnicas de simulação de experimentos na educação tecnológica em substituição aos experimentos com instrumentos e componentes reais, e sobre os cuidados a serem tomados no emprego destas ferramentas.

A avaliação de *softwares* de simulação e realidade virtual é apresentada neste trabalho sob o ponto de vista do efeito cognitivo resultante de suas aplicações por estudantes em situações de experimentação de fenômenos científicos e tecnológicos.

Com base nos resultados das avaliações efetuadas, esta pesquisa vem a justificar o planejamento de estratégias específicas e o emprego de metodologias de ensino adequadas ao utilizar-se cada tipo de ferramenta, concluindo a respeito da complementaridade entre as principais categorias de ferramentas virtuais existentes.

Palavras-chave: Simuladores, Ensino a Distância, Laboratórios Virtuais

Abstract

MENDES, Maurício Alves. **FERRAMENTAS VIRTUAIS NA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA A DISTÂNCIA : o caso dos Laboratórios virtuais e softwares de simulação.** Florianópolis, 2.001. 131f.
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2.001

This dissertation aims at presenting an evaluation of the laboratories of virtual technological experiments, its application and about the main simulation tools used in technological practices, mainly in long-distance education. The studies presented here intend to introduce a reflection about the applicability of the techniques of simulation of experiments in the technological education in substitution of experiments with real instruments and components and about the precautions to be taken in the application of these tools.

The evaluation of simulation softwares and virtual reality is presented in this work under the point of view of the cognitive effect that results from the applications realized with students in situations of experimentation of scientific and technological phenomena.

Based upon the results of the evaluation, this research justifies the planning of specific strategies and the application of appropriate methodologies adapted for each kind of tool and concludes about the complementarity among the main categories of existent virtual tools.

Key words: Simulation, Distance Learning, Virtual Laboratories

1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos cinqüenta, com o advento da corrida espacial americana e soviética, diversas "Q

x "† KÃ 9ďňé• ó ûKÂûĴä^8ÿ š¾—Œí?

!|>['?xqM †É9ĐOæ)û\$Šÿ

‡úŸiPu- q @ -Ÿ7? 'J%§J̄ Œeoö–,, Îf'Ó ɱ –

• xû <ç £ÙD•íöç ûOBĪ àtç-!Õ'<`xyyÿ

ìç'õ ÜÆÿ üISŸz

³¤ Î~úÓö1)ªÿ

Ð"ëœç4½Œ

½~

“ 5½;vïhÉ rsJ5½4 ÿC»Š^Ê7 «=æÆ jÅT”Ò"İ|ÐÚŒ” İŠ e r

Wµ¹Æ.¯§...`txO=sO å—ý !éÓ4•(v-

m=ö ˆ £Ã ½i _' • cÃ'êj½"AB²• ‡Ä6Üf¤AŸ⁻ ZQâ `1ý“ Á¥i£`öób-

@>î

=è-#OE ÿ cE «E1¿ð” Út ŠO

øJ^# t ëKØÃ°ýl}¶/ü%' ãN·#? ?p é

ð~Í»pA¶Üö fÆw ,Ó³ôæèÃbÕ:í |mt "ÂÓ§uëMÿ

6æã!ÜÒ Z

Úâ¼%w«,ÁãýOq ÚxñœRÿ y ;-

ò;ùb“ÃÓii ÔOY ß ¼BFOÙ~ø1H>&x(±->¿° ,5'Đ¾J¿!ø•â ü! Æ1Hß ¼Hz½

¿ýû <-

|l÷|Øp?é• £ê{ £VÖR ~ ø‡Pe²vŠO8íD9 bHZ7ó

Æ. ?gN+Sî8^ HÂr“°;&Rp¬9ª¾[e,' ¾*¹Ó=w +y{@\$÷©„LcûÀ‘Z]l...{^a zÕ

...9Ã)%G 52M±ÂêEs—

màt® Ä ¿Šôøû4û°{W³Ã±ÿ Ëã;†kõËÿŠî¬(øù‡ài6 •

ó S½¬ÇmÇñ J òëAÿ ...ÙÎ OZr ax øÆ|xz —‘œçšA 94ÊŠa y£ Ø&‹

ßq ËdS;œQ`³ ,d)l%„øì pÈè3škt9=9ÉøÝÆ•™ËxĬÆ1x[B†êÒÜ]Ý\Jc@à„L

lõ® p ^H?ñ,Óùÿ

Ó}‡[ü]ñ -qDú]“©`¥Q0Ç'±¯ [.7 Á!Õ ™Hû¹ Æk«+lè◊RçG • “RÀ({ Ý÷,Ó‘

İçFö çšõÙóWh

„õ4Ñ!^ù¥Ëj|ëv!“@2M0'ÎFsEŠëj -

»¿=iY,Âõij⁻1 K0⁻ - n7<ðr1ùQœœî¤4n ûS• ùð[½&_-

÷ ?{fœE0 ëÛŠWèZ ¤`œ÷÷É “»fíTK]

ä-ꝞA<õ§urØs O ©

lyêW ~dã"úS2p;-â†Ëµ´b ã ãÖš["óQp^H7`çñ£ßw4¯ cK_q7 '»µ7 Î

'
,

• yÉ š3ÎN~µ7]-q-'ÕgµÕn\$.™Ç-

g

Ò°ãñ é0E '1fô • _ ™Õo & ÒrÊ*8X&°

ý'{{z M*‘Đ†é]’te½½ @nn%eUà Å jrÄÄ1fmC

6» A éÁ!p¼ Ó,⁻ ·¿Cà ç±Í!

9çîÚ ħ@P: øW ¯xfXMa-ôµ1ç £äË9®LeYÓ‡¹»=L« õ «²GQg-
 Ãéñ=Ð
 q°o Ö§ §9æºçß*¹ËUENVØir• ‹ ¢6â½O½0líjh çWûB>Ö^qÿS]æ2¤ÊO û¯½
 ~aÂ•yñvi¬}ÿ ca¶œsUš6 í=ûxĭ@õ[Ðt`ç : ô/Ê§'AíOm@Q,œõÝVP/
 "W æ!nÃV• 4}Üçœ áuçO tÈ0r
 |p îpB,øXñ3÷Ë ¢ü‹Ó6g' ¼f• 9õ¯ÖĬÆ |¶c # Ĭ^"ä-"šdl; Þ1Øö9¥Ü
 èqHoaÁ¹èhÞ@;A4Èõ ëŠ àœ÷ ºº \óÇÒ£g%øçÄ-„Ë})¹¯-1¶!9ç
 ¢ Æ†
 Ü -ß ä`œ †•Š^F ‹<<W§ÚZËr• }™÷))œc í• Âª±Üÿ
 Óö‡Ôe¼FðT#AÆö,i
 t-;YfPÿP{...• H°\$x ÓÒ»In%™º~ç8Ât`°1ÃÆ¥Ôál3yf œš²D '=@¶¶{ûWrG-
 šÜ@{ÿâH99êztçÂ]nÄ;`fÇ^(9ĭyĬÖ•,é±£99Í7 ›<ÞTYÞâÝl5fóÁÆ})»\$ ĩ' µ û
 VÚr-ùR äĥ·Ó -ÊæÒâ â9ù[ò§ ilimitadas áreas do conhecimento com uma
 interatividade nunca antes alcançada.

Uma das áreas do conhecimento que exige mais recursos de comunicação interativa de multimeios é a educação tecnológica a distância. Esta modalidade de ensino, mesmo quando presencial, requer o desenvolvimento de tarefas e ensaios práticos com equipamentos de diversos níveis de sofisticação e custos.

Muito embora exista a alternativa de aulas presenciais serem ministradas em laboratórios, alternadas com aulas a distância, isto limita o acesso, bem como encarece o curso para os estudantes. Tornam-se necessários, portanto, a análise e o desenvolvimento de metodologias e

tecnologias adequadas ao ensino com experimentos práticos, essencial para esta modalidade de ensino.

Certamente a substituição parcial ou total das aulas práticas presenciais pela aplicação de ferramentas virtuais tende a reduzir custos para a instituição de ensino mantenedora do programa, assim como para os estudantes. Neste sentido, têm-se desenvolvido diversos *softwares* para simulação, aplicados não só ao ensino a distância, como em aulas presenciais, em substituição a componentes, ferramentais e equipamentos sofisticados. Laboratórios Virtuais e Laboratórios Remotos estão sendo aprimorados e disponibilizados via Internet com resultados satisfatórios.

O ensino a distância vem surgindo nos últimos anos como uma ferramenta importante na democratização da informação e na difusão do conhecimento nas diversas áreas do saber. A disponibilização aos estudantes de uma diversidade de recursos humanos que, através dos modernos meios de comunicação, transcendem os limites de distância e de tempo, vem viabilizando a rápida e eficiente preparação de profissionais para a competição num mercado mundial.

Com o desenvolvimento de tecnologias interativas, os diversos programas de Educação a Distância têm permitido aos estudantes determinarem o ritmo de seus estudos de acordo com as suas próprias capacidades.

Na Educação Tecnológica, em aulas presenciais, algumas ferramentas de informática têm sido desenvolvidas e disponibilizadas aos alunos, com o

intuito de complementar as aulas práticas em laboratórios com maiores recursos tecnológicos sem a necessidade de aquisição de equipamentos de grande porte. Os *softwares* simuladores de equipamentos e de componentes de experimentos tecnológicos são uma das soluções encontradas pelas Instituições de Ensino Tecnológico na redução de custos com a aquisição de instrumentais sofisticados.

Na Educação Tecnológica a distância, estas ferramentas virtuais vêm a ser uma das principais alternativas para a viabilização de aulas práticas em locais distantes dos centros que possuem laboratórios de ensino. Outra alternativa, em desenvolvimento em diversas Instituições de Ensino na atualidade, é a disponibilização aos estudantes de Laboratórios Virtuais adequados às diversas práticas previstas nos currículos, seja para demonstrações, seja para desenvolvimento de projetos. Esta última alternativa permite que sejam desenvolvidos experimentos científicos e tecnológicos virtuais via Internet, sem a necessidade de aquisição de *softwares* mais sofisticados, uma vez que pode-se efetuar as simulações através dos próprios *browsers*.

1.1 Justificativa

O Ensino tecnológico a distância vem sendo aprimorado há décadas com um objetivo principal bem definido, a democratização do conhecimento e da formação profissional. Estudantes distantes dos grandes centros, já há algum tempo, têm acesso a poucas mas eficientes instituições de ensino

técnico por correspondência. As aulas práticas para esta modalidade de ensino têm sido viabilizadas através do fornecimento de kits didáticos com os quais os alunos executam experimentos desde os mais elementares até outros com um certo grau de complexidade mais elevado. Por exemplo, os estudantes do curso técnico de Eletrônica por correspondência da *Occidental Schools* no Brasil, ao receberem os componentes eletrônicos e instrumentais em suas residências, estavam aptos a executarem tarefas práticas de Eletricidade e Eletrônica básica, bem como, com a continuidade do curso, a montar um aparelho de televisão completo com os dispositivos fornecidos.

A *Open University* da Inglaterra, antes do aprimoramento da Internet, utilizava-se de kits experimentos e fitas de vídeo com demonstrações de ensaios práticos encaminhados aos estudantes para suprir as necessidades de experimentações práticas. Naturalmente, este procedimento restringe muito as áreas possíveis de serem ofertadas remotamente.

Atualmente, o fornecimento de kits didáticos relacionados com microprocessadores, por exemplo, tornariam os cursos inviáveis financeiramente para os estudantes. Além disto, existem instrumentos de medição, de custo elevado, que não poderiam ser disponibilizados aos estudantes. Outra maneira seria a programação de aulas intensivas de laboratório em centros remotos equipados adequadamente. Isto também tornaria oneroso o curso aos estudantes, considerando-se os custos com deslocamento, além do fato de que os conteúdos teóricos ficariam mais distanciados da experimentação e demonstração prática.

Com o desenvolvimento dos multimeios de informação, as aulas em vídeo e os CD ROM's foram ocupando os seus papéis estratégicos. Assim como a Internet e a Videoconferência trouxeram a interatividade a patamares nunca antes alcançados.

Todas estas facilidades tecnológicas estimularam o desenvolvimento de diversos cursos de pós-graduação a distância de consagrado sucesso. A própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Brasileira (lei 9.394 de 20/12/1.996), no seu artigo 80, incentiva e regulamenta esta modalidade de ensino, tendo o Ministério da Educação aprovado, em março de 1.999, o credenciamento dos primeiros cursos de graduação a distância. A Universidade Federal do Ceará tem autorização, desde então, para ensino em nível superior de Matemática, Física, Química e Biologia.

A evolução histórica do ensino a distância é apresentada resumidamente no quadro 1.

Quadro 1: Evolução do Ensino a Distância no Brasil

Geração	Período	Características
1. ^a	Até 1.970	Estudo por correspondência no qual o principal meio de comunicação eram materiais impressos, geralmente um guia de estudo, com tarefas ou outros exercícios enviados pelo correio.
2. ^a	1.970	Surgem as primeiras Universidades Abertas, com implementação de cursos a distância, utilizando, além do material impresso, transmissões por televisão aberta, rádio e fitas de áudio e vídeo, com interação por telefone, satélite e TV a cabo.

3. ^a	1.990	Surge a geração baseada em redes de conferência por computador e estações de trabalho multimídia
-----------------	-------	--

Fonte: Adaptado de Niskier (1.993)

Em março de 2001, a Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e Ensino Superior do Paraná requisitou ao CEFET-PR a oferta de Cursos Superiores de Tecnologia a distância, na área de Telecomunicações, para diversas localidades do interior do Estado. Esta área, como várias outras do ensino tecnológico, ainda é inviável nesta modalidade de ensino devido ao custo de implementação de centros e laboratórios para experimentação prática e à falta de técnicas e metodologias alternativas que venham a substituir parcialmente ou totalmente estes laboratórios.

Certamente, a substituição parcial ou total das aulas práticas presenciais pela aplicação de ferramentas virtuais tende a uma grande redução de custos para a instituição de ensino mantenedora do programa, assim como para os estudantes. Para certos experimentos efetuados por alunos da área de Eletrônica, por exemplo, o custo relativo à aquisição de componentes e instrumental passa a ser praticamente nulo. Para a instituição de ensino, um osciloscópio digital, que em aulas presenciais só pode ser utilizado por dois alunos simultaneamente, custa em média US\$2.000,00, enquanto um *software* simulador pode vir a custar valor próximo a este, mas com a vantagem de que diversos alunos podem utilizá-lo simultaneamente sem os custos de manutenção e de depreciação que o emprego de equipamentos de laboratório acarreta.

A pesquisa experimental com alunos, em aulas práticas presenciais e em aulas com experimentos práticos virtuais, identificará as eventuais deficiências das ferramentas atualmente desenvolvidas para esta finalidade, sendo possível apontar novas alternativas e aprimoramentos técnicos futuros.

1.2 Estabelecimento do Problema

Com a recente regulamentação dos cursos de graduação a distância, novas ferramentas de ensino deverão ser desenvolvidas em função da diversidade de áreas do conhecimento que poderão ser ministradas. Entre elas, a Educação Tecnológica merece um tratamento especial no que se refere às aulas práticas. Certamente os programas simuladores, os laboratórios remotos e os laboratórios virtuais necessitam de aprimoramento para suprirem as necessidades práticas dos currículos destes cursos, cabendo a seguinte indagação:

A aplicação de softwares simuladores e de Laboratórios Virtuais no Ensino de Tecnologia a Distância permitirá a substituição integral de aulas práticas presenciais?

1.3 Hipóteses Gerais e Questões

No ensino tecnológico a distância, além dos recursos multimídia existentes, torna-se necessário o desenvolvimento de *softwares* tutoriais e de simulação de experimentos práticos específicos, bem como a disponibilização

de laboratórios virtuais que venham a atender às diversas programações curriculares. Certamente, as eventuais limitações na utilização destas ferramentas de ensino devem ser estudadas de forma aprofundada, antecedendo-se ao planejamento e desenvolvimento de programas de cursos com exigência de aulas práticas a distância. Torna-se necessários a formulação de hipóteses e alguns questionamentos para o desenvolvimento de uma pesquisa científica a respeito deste tema.

1.3.1 Hipóteses

A virtualidade, em casos práticos de experimentação tecnológica, pode acarretar uma falsa geração de habilidades e destrezas relacionadas ao saber fazer.

A comodidade no manuseio de ferramentas virtuais, a ausência de riscos de danificação real de equipamentos e dispositivos, a inexistência de custos dos componentes simulados dos ensaios e a criação de ambientes com controle total de variáveis, inclusive dos defeitos e imperfeições programáveis nos simuladores, podem gerar no estudante uma possível insegurança ou indeterminação em situações práticas reais.

1.3.2 Questionamentos

A aplicação de ferramentas virtuais no ensino a distância, em substituição aos experimentos reais, com arquiteturas acompanhadas de

tutoriais e resultados limitados ou pré-definidos, interfere no desenvolvimento das habilidades dos estudantes ou, de uma forma genérica, no processo de aprendizado de conteúdos tecnológicos?

As limitações das ferramentas de simulação existentes atualmente, ou dos modelos utilizados de interface com o usuário, comparativamente aos experimentos reais, podem acarretar uma falsa sensação de domínio do tema em estudo por parte dos alunos ao completarem, com êxito, os experimentos simulados?

As eventuais deficiências na utilização de ferramentas de simulação no ensino a distância podem ser compensadas com a aplicação prévia de experimentos reais, ou seja, proporcionando-se aos alunos um contato inicial com instrumentos e componentes reais?

A aplicação da multimídia e dos dispositivos virtuais interativos inegavelmente vem aprimorar a aquisição de conhecimento nas diversas áreas do saber. A integração de recursos como imagem, áudio, textos e telemática, permite ao estudante o contato com uma extraordinária riqueza de informações que podem ser acessadas de uma maneira dinâmica e interativa. Estes recursos possibilitam ao usuário a opção pela melhor maneira de promover seu auto-desenvolvimento, de acordo com suas próprias capacidades/limitações. Desta forma, o paradigma no qual o professor é o único fornecedor do conhecimento passa a ser quebrado. O docente passa a ser um orientador e mediador de conhecimentos (Litwin, 1997).

1.4 Objetivos Geral e Específicos

1.4.1 Objetivo Geral

Avaliar as principais ferramentas virtuais e de simulação de experimentos práticos aplicáveis ao ensino tecnológico a distância, de modo a avaliar sua pertinência na substituição de aulas presenciais.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Analisar a abrangência dos conteúdos de Eletricidade/Eletrônica que apresentam condições de serem experimentados a distância em programas de graduação.
2. Avaliar o aproveitamento por parte dos discentes, no que diz respeito à geração de habilidades práticas a partir de ensaios virtuais.
3. Avaliar a possibilidade de interatividade professor-aluno remotamente com a utilização das próprias ferramentas virtuais ao aplicar-se ensaios simulados no ensino a distância.

4. Comparar o resultado obtido com usuários submetidos a experimentos de aulas presenciais com aqueles dos que efetuaram práticas simuladas e virtuais.
5. Fornecer embasamento teórico para o desenvolvimento de ferramentas virtuais adequadas ao ensino prático de tecnologia a distância.
6. Relacionar quais as eventuais limitações da utilização de ferramentas virtuais na simulação de aulas práticas.

1.5 Metodologia Prevista

Com o intuito de testar as hipóteses anteriormente apresentadas, será necessária primeiramente uma ampla pesquisa bibliográfica e pela Internet em busca de um panorama atual do desenvolvimento das ferramentas virtuais aplicáveis em aulas práticas de tecnologia a distância.

Dispondo das principais ferramentas existentes na atualidade e de laboratórios de instrumentos reais, serão efetuados testes simulados e testes reais para comparar e analisar a aplicabilidade dessas ferramentas nas disciplinas dos currículos de ensino remoto.

Escolhidas as ferramentas e as disciplinas mais adequadas para a pesquisa experimental, serão criados dois grupos homogêneos de alunos sem conhecimento anterior nos tópicos a serem experimentados. Será necessária a

aplicação de um teste prévio de conhecimentos sobre os tópicos escolhidos. Um grupo será submetido a experimentos práticos presenciais, com instrumental e componentes reais. Outro grupo efetuará os mesmos ensaios, mas de forma virtual, dispondo de um laboratório de Informática. Em seguida será efetuada a inversão das situações conforme detalhamento no Capítulo 3 desta dissertação.

Com a utilização de uma câmera de vídeo, etapas estratégicas dos experimentos e alguns relatos individuais deverão ser registrados para as análises posteriores.

Ambos os grupos serão submetidos a novo teste de conhecimentos sobre os tópicos escolhidos, permitindo, após a compilação dos resultados obtidos, uma análise estatística e crítica das ferramentas adotadas.

A pesquisa experimental será aplicada em laboratórios de cursos de graduação em tecnologia do CEFET-PR, Unidade de Curitiba. Alunos de turmas iniciais dos cursos serão selecionados e convidados a participar de aulas práticas relacionadas com os conteúdos teóricos já ministrados, mas que necessariamente não tenham ainda sido testados em laboratórios.

De acordo com as disciplinas escolhidas, serão observadas como variáveis da pesquisa as habilidades/destrezas esperadas dos discentes, bem como a segurança e a velocidade de resposta a diversas situações, adquiridas pelos mesmos ao longo das aulas práticas. Estas variáveis poderão ser analisadas após as avaliações e observações de desempenho ao longo dos ensaios simulados e reais.

1.6 Limites da Pesquisa

Esta pesquisa será efetuada em primeiro plano explorando-se as ferramentas virtuais existentes na atualidade e em desenvolvimento para aplicação nas diversas áreas do conhecimento relacionadas com o ensino tecnológico. Na seqüência, o aprofundamento dos estudos e ensaios será limitado às ferramentas virtuais aplicáveis ao ensino de conteúdos de Eletricidade e Eletrônica nos seus mais diversos campos e níveis. Porém, os resultados aqui esperados poderão ser empregados por analogia em pesquisas futuras relacionadas com as demais áreas.

1.7 Descrição dos Capítulos

No capítulo inicial, é apresentada uma breve retrospectiva a respeito do ensino a distância no Brasil e das aplicações de simuladores em experimentos tecnológicos. Apresenta-se, ainda, uma contextualização das ferramentas virtuais na realidade atual do ensino tecnológico, a justificativa da pesquisa e a formulação do problema principal a ser estudado pela mesma, apresentando-se hipóteses e questionamentos para direcionamento das ações.

No segundo capítulo, apresenta-se um estudo a respeito das diversas formas de simulação e experimentação remota e virtual, analisando-se o estado da arte das ferramentas virtuais aplicáveis ao ensino a distância e presencial. A revisão bibliográfica enfoca estudos teóricos a respeito da simulação e das ferramentas que utilizam este recurso para colaborar com o processo de cognição dos estudantes. Um estudo comparativo entre a aplicabilidade de *softwares* simuladores e de laboratórios também é apresentado.

A metodologia de pesquisa é descrita no capítulo 3, detalhando-se todas as etapas e estratégias adotadas para avaliação das ferramentas virtuais existentes e análise dos experimentos efetuados com os estudantes de graduação em laboratórios reais e com simuladores.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados dos ensaios efetuados com simuladores *on-line*, *off-line*, laboratórios remotos e principalmente da análise dos experimentos de aplicação prática de simuladores comparativamente aos experimentos em laboratório constituído por bancadas, instrumentos e componentes reais, submetendo-se os estudantes a ambas as situações. Cada *software* aqui apresentado é analisado sob o ponto de vista de sua aplicabilidade em experimentos da área de Eletricidade e Eletrônica, preferencialmente em aplicações de ensino a distância.

Baseado nos resultados obtidos e apresentados do capítulo 4, apresentam-se as conclusões a respeito da viabilidade de se substituírem experimentos reais por simulados ou virtuais, bem como em que situações e condições eles são aplicáveis. Propõem-se aprimoramentos e inovações nos modelos existentes e em desenvolvimento e apresentam-se recomendações e cuidados relativos à aplicação destas ferramentas em programas de ensino a distância de conteúdos tecnológicos práticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordadas as diversas formas de simulação e experimentação remota e virtual, analisando-se o estado da arte das ferramentas virtuais aplicáveis ao ensino a distância e presencial. A revisão bibliográfica enfoca estudos teóricos a respeito da simulação e das ferramentas que utilizam este recurso para colaborar com o processo de cognição dos estudantes. Um estudo comparativo entre a aplicabilidade de *softwares* simuladores e de laboratórios também é apresentado.

Com a expansão do acesso à Internet em todos os lugares do mundo, o Ensino a Distância passa a atrair um interesse maior das universidades e governos que querem oportunizar acesso à formação superior a toda a população. Este fabuloso meio de acesso às informações e comunicações está proporcionando um verdadeiro renascimento educacional (Jones, 1997).

A partir da consolidação dos meios de comunicação digital e da tendência mundial de integração via tecnologias cada vez mais eficientes e velozes, pesquisas relacionadas com ensino remoto nas mais diversas áreas do conhecimento passaram a ser desenvolvidas.

Entre as Universidades pioneiras na oferta de cursos de graduação a distância está a *Open University* da Inglaterra, onde, mesmo antes da existência de meios eletrônicos avançados de comunicação, utilizavam-se kits para ensaios enviados aos estudantes a partir do conceito do aprendizado através da ação (aprender fazendo). Este conceito envolve a participação numa seqüência individualizada e construtivista (ensino pela ação de forma acompanhada) segundo a qual experimentos são enviados aos estudantes

para a solução de problemas do mundo real. Atualmente, três formas de expressão em formato pedagógico estão apontando o surgimento do aprendizado pela ação de forma distribuída (Dede,1.996):

- redes de conhecimento complementam professores, textos, bibliotecas e arquivos como fonte de informação;
- interação em comunidades virtuais complementam as relações face-a-face em salas de aula;
- experiências imersivas em ambientes sintéticos compartilhados estendem o aprendizado pela ação relacionando-o com fenômenos do mundo real.

Dentre as experiências imersivas, encontramos na atualidade as modalidades de ferramentas utilizáveis no Ensino a Distância na substituição parcial ou total dos experimentos científicos e tecnológicos práticos. São elas: *softwares* de simulação *on-line* e *off-line*, laboratórios virtuais e laboratórios remotos.

2.1 Os Softwares de Simulação

A simulação é uma das mais precoces características humanas, estando presente desde a idade de dois anos em média. No quadro da função simbólica, especificamente no jogo simbólico (faz-de-conta), a simulação é uma das características mais marcantes.

Para Lévy (1.993, p.124), através da simulação, as pessoas constroem modelos mentais das situações e dos objetos com os quais estão se relacionando, e depois podem explorar as diferentes possibilidades dentro destas construções imaginárias. “A simulação, que podemos considerar como

uma imaginação auxiliada por computador, é, portanto, ao mesmo tempo uma ferramenta de ajuda ao raciocínio muito mais potente que a velha lógica formal que se baseava no alfabeto”.

Hoje, consideradas como ferramentas indispensáveis no desenvolvimento de projetos em diversas áreas da tecnologia, tais como a Eletrônica e a Mecânica, existe uma grande variedade de programas de computador que simulam situações reais de aplicação total ou parcial de dispositivos tecnológicos nas mais diversas situações. Variações térmicas, de umidade, pressão, velocidade, atrito, e de praticamente todas as variáveis físicas, podem ser simuladas por programas de computador.

Já é possível emular-se um aparato tecnológico com segurança, sem desperdício de materiais e com custo relativamente baixo, de forma totalmente virtual, muito antes de se dar início à construção real de protótipos (Hamblen, 1999).

No projeto de dispositivos eletrônicos, por exemplo, simula-se desde a disposição física dos componentes, *lay-out* e *design* final até o seu funcionamento em função das variações extremas do meio ambiente e de operação por parte do usuário final do produto.

Estas mesmas ferramentas de informática têm sido um complemento importantíssimo no ensino de tecnologia. Os docentes que possuírem domínio da aplicação destes instrumentos no ensino, poderão enriquecer os programas de suas disciplinas de forma excepcional, pois não há limites de variáveis a serem aplicadas nem de formas de obtenção e apresentação de resultados. Em aulas de laboratório, normalmente existem as limitações em determinados

experimentos em função da aplicação de componentes diversificados e de instrumentais de custo mais elevado.

Nas simulações por computador, equipamentos sofisticados são disponibilizados, tais como osciloscópios digitais, analisadores de espectro e analisadores lógicos, instrumentos que poucas instituições possuem em quantidades suficientes para o estudo individual, além de o custo de manutenção ser elevado e existir a necessidade de reposição e atualização constante. Professores e alunos podem utilizar o recurso de um simulador para validar a funcionalidade de circuitos, desde que tomados os devidos cuidados com as metodologias adotadas (du Boulay e Mizoguchi, 1997).

Um programa básico de simulação aplicado a ensaios práticos de conteúdos de Eletricidade e Eletrônica é o EWB (*Electronic Workbench-Bancada Eletrônica*), com o qual é possível desenharem-se diagramas esquemáticos de circuitos, aplicarem-se sinais elétricos diversos de entrada (diversas formas e grandezas) e analisar-se a resposta geral do dispositivo em vários instrumentos virtuais, simulando-se ambientes reais contendo bancadas de laboratório. Além da possibilidade de serem atribuídos inúmeros parâmetros para cada componente (semicondutores, por exemplo), existe uma rica plotagem de gráficos dos resultados obtidos.

Para o ensino a distância, a distribuição de *softwares* simuladores, de auxílio a projetos, torna-se mais dispendiosa. O custo para aplicação individual ainda é muito elevado e a disponibilização via Internet é inviável em alguns casos, devido ao grande porte dos arquivos de programa e bibliotecas de componentes.

Existem programas de menor capacidade, dedicados ao ensino, que podem ser disponibilizados via CD ROM's ou via Internet por *download*, mas a tendência atual é a popularização dos simuladores *on-line* baseados na Web, que apresentam uma grande flexibilidade e “leveza” para aplicações neste meio, mesmo em locais de comunicação de baixa velocidade.

2.2 Simuladores *On-line*

Com o aprimoramento das linguagens de programação aplicáveis à Internet tais como Java e HTML (Flanagan,1.999), diversos aplicativos de simulação têm sido desenvolvidos e são facilmente encontrados nos *sites* de Universidades de diversos países.

A grande versatilidade destes programas está na sua facilidade de utilização remota, sem a necessidade de demorados *downloads* de programas completos. Toda a simulação é efetuada diretamente através do *browser* (Geary,1.999). Desta forma, o ensino a distância vem ganhando mais um importante complemento à interatividade das aulas remotas. Já é possível, num hipertexto sobre eletromagnetismo, por exemplo, disponibilizar-se de forma intercalada com o texto, um completo experimento contendo componentes e instrumentos necessários para a análise de campos eletromagnéticos a partir de diversas variáveis de entrada e obtendo-se uma rica forma de apresentação de resultados em tabelas e gráficos.

No Instituto de Física e Medicina da Itália (UNIME), há diversos experimentos sobre física e mecânica, que, além da possibilidade de serem utilizados *on-line*, uma vez “carregados” pelo *browser*, podem ser utilizados

off-line. Entre os inúmeros experimentos disponíveis, toma-se como exemplo o de “momento de inércia” de um disco metálico. O estudante define algumas variáveis de entrada, tais como raio do disco, espessura e massa e inicia-se uma simulação na qual observa-se nitidamente o esforço necessário para este disco girar em torno de um eixo em função das variáveis atribuídas no início do experimento. Além disto, o tempo necessário para atingir uma certa velocidade de rotação é cronometrado. Na figura 1, a tela deste simulador é apresentada. Existem dois “botões” deslizantes que permitem a determinação das variáveis: raio e massa do disco. Uma simulação do movimento giratório do disco acontece após o acionamento do botão de início. O peso afixado numa corda cai, levando o disco a girar em velocidade proporcional às variáveis de entrada estabelecidas.

Figura 1: Experimento de Física – Momento de Inércia

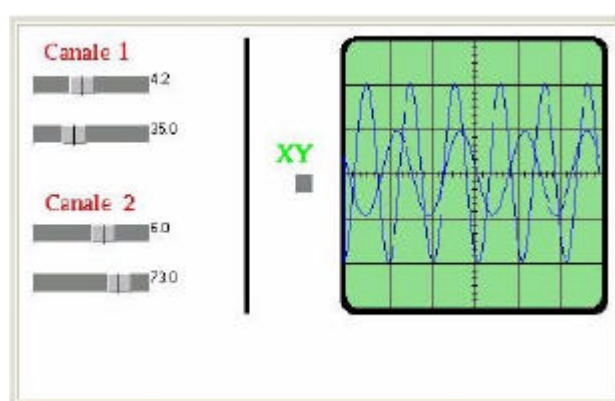


Fonte: UNIME, Itália. Disponível na Internet:
http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/mecc.htm
 Acessado em 02/03/2001

O funcionamento e o manuseio de um osciloscópio pode ser ensinado diretamente a partir do *site* da Universidade Rei Juan Carlos (URJC), na

Espanha. Com uma ferramenta de programação adequada, obteve-se um dispositivo virtual “leve” para a Internet e facilmente intercalável com hipertextos de ensino tecnológico. Na figura 2 está representado este simulador, no qual ajustes deslizantes variam a forma de visualização (ganho vertical e varredura horizontal) do osciloscópio virtual de dois canais, para dois sinais senoidais de entrada.

Figura 2: Osciloscópio Básico



Fonte: URJC, Espanha. Disponível na Internet:
<http://www.escet.urjc.es/sinternet/labfisica.html>
Acessado em 21/03/2001

Através de pesquisa na Internet, já se pode observar que nas mais variadas áreas do conhecimento científico e tecnológico, existe uma grande diversidade de formas de experimentação prática virtual, com livre acesso. Isto amplia o espectro de atuação do ensino a distância via Internet, pois, além da variedade de textos e pesquisas disponíveis na rede, os educadores podem, agora, desenvolver experimentos virtuais e indicar *links* de simulações de outras Universidades.

A principal limitação dos simuladores *on-line* atuais está na falta de realismo nas imagens e movimentos, em virtude das limitações de transmissão via Internet ainda existentes. Além disto, estes programas ainda não apresentam recursos de terceira dimensão.

2.3 Laboratórios de Realidade Virtual

Em todos os ramos do conhecimento, o aprendizado exige uma diversificação de meios de comunicações e expressões que sensibilizem o maior número de sentidos possível dos seres humanos. Quando a imagem faz parte deste processo de cognição, um determinado grau mínimo de resolução da gravura ou vídeo apresentado se faz necessário.

Para Tiffin (1.995), é preciso clareza nas imagens para quem necessita destas para o aprendizado, fidelidade dos sons, quando se está aprendendo música, clareza na degustação durante o aprendizado de culinária, de tato, quando é necessária a discriminação de superfícies, e olfato, quando se pretende definir aromas. O aprendizado exige informações de alta fidelidade.

Para a transmissão de grandes quantidades de informação em tempo real, requer-se uma vasta largura de banda. Atualmente, isto tem um custo elevado no mundo das Telecomunicações.

“A ironia da situação atual é que a sala de aula é um ambiente de uma vasta banda, e pode ser usada para transmitir-se a quantidade de informações que os sentidos puderem absorver. Porém, nós a utilizamos, principalmente, para o aprendizado com palavras que requerem uma pequena largura de banda”(Tiffin,1.995).

À medida em que a transmissão de vídeo e de grandes quantidades de dados via Internet for aprimorada, principalmente no que se relaciona à velocidade de apresentação de imagens em tempo real, outras formas de experimentos virtuais tendem a predominar, são os que utilizam a realidade virtual e os laboratórios virtuais telecomandados. A popularização da fibra óptica, sem sombra de dúvida, incrementará o realismo da virtualidade, pois a largura de banda de informações possíveis de serem transmitidas através deste meio é muito grande. Conforme afirma Negroponte (1.995), a “fibra óptica é o caminho da natureza”, ou seja, pelo seu baixo custo em relação ao par trançado de cobre e pela sua capacidade ilimitada de transmissão, imagina-se uma revolução na transmissão de informações em multimídia e consequentemente no ensino a distância, com as informações sendo veiculadas por redes de alta velocidade.

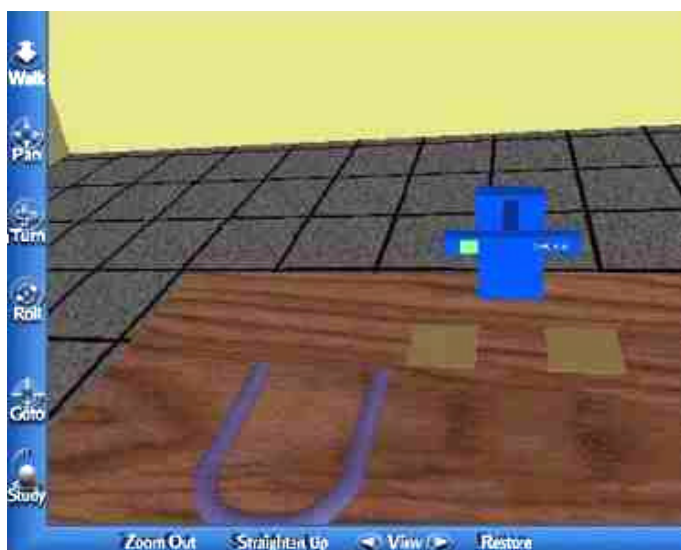
Dispondo-se da tecnologia de realidade virtual (Rios, 1.994, p. 1) é possível a realização de alguns ensaios básicos com um realismo tridimensional razoável. Com o auxílio de um capacete de áudio e vídeo (HMD) e luvas apropriados, bem como de um microcomputador e *softwares* de VRML, o estudante passa a executar seus experimentos através de um avatar, que é a representação do ser humano dentro do cenário virtual.

“A realidade virtual é algo mais que uma simples simulação, já que ao oferecer a possibilidade de interação com o modelo, fornece uma presença nele mesmo. Mediante esta faceta poderiam se realizar tarefas dentro de um mundo real remoto, ou em um mundo gerado por computador, ou ainda na combinação de ambos (Casas,1.999)”.

Para Lévy (1.996, p.18),“virtualizar uma entidade qualquer consiste em descobrir uma questão geral à qual ela se relaciona, em fazer mutar a entidade em direção a essa interrogação e em redefinir a atualidade de partida como resposta a uma questão particular”.

O estudante terá a nítida sensação de estar manipulando e/ou interagindo com os equipamentos e os componentes do ensaio. Um exemplo da aplicação desta ferramenta encontra-se no Laboratório de Realidade Virtual da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde foi desenvolvida uma experiência virtual com uma pilha eletroquímica elementar. Numa bancada de laboratório, encontram-se os elementos físico-químicos e o instrumento necessário para o experimento prático. A tela deste laboratório, apresentada na figura 3, constitui o ponto de vista inicial do usuário, de onde observam-se um voltímetro, as placas e demais componentes do ensaio sobre uma “bancada” de laboratório.

Figura 3: Laboratório Virtual de Química - UFSC



O estado atual desta ferramenta via Internet ainda é muito limitado. Muito embora as imagens se traduzam num ambiente tridimensional, para se obter maior detalhamento, há a necessidade de transmissão de arquivos de grande porte, ainda inviável na *Web* de baixa velocidade. Além disto, os acessórios de realidade virtual para computadores pessoais ainda não foram popularizados. O controle dos movimentos com o auxílio do *mouse* é muito limitado. Mesmo assim, esta é uma ferramenta de simulação muito promissora, que merece especial atenção dos pesquisadores.

Um outro exemplo de aplicação da realidade virtual no ensino encontra-se no projeto *Science Space da George Mason University (GMU)*, na Virginia – EUA (Dede, Salzman & Loftin, 1.996), onde foram criados mundos virtuais chamados *Newton World (figura 6)* e *Maxwell World (figura 4)*. Nestes mundos os estudantes, utilizando os acessórios de RV, efetuam uma imersão (figura 5),

na qual é possível a interação com as cargas, campos elétricos, componentes de força, massa e demais variáveis físicas (figura 7) . Uma espécie de “mão virtual” proporciona o acionamento de menus de controle dos ensaios. Desta forma, obtém-se a intuição experimental sobre como os fenômenos científicos e tecnológicos se sucedem (Dede, 2.000).

Projeto Science Space

Figura 4: Maxwell World

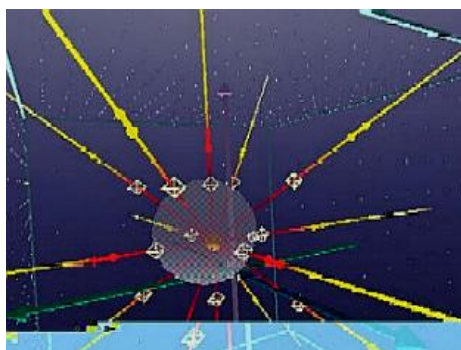


Figura 5: Imersão entre cargas elétricas

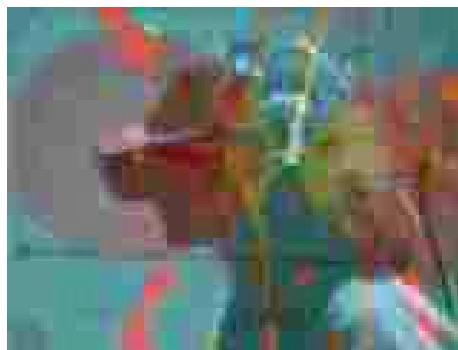


Figura 6: Newton World

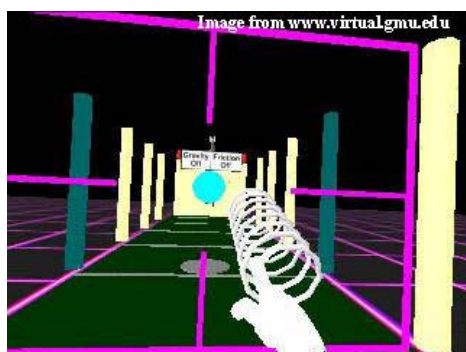


Figura 7: Alterando virtualmente massa de corpos



Fonte: GMU, EUA. Disponível na Internet: <http://www.virtualgmu.edu/>
Acessado 01/06/2001

2.4 Laboratórios Remotos

Analisando-se as diversas modalidades de educação desenvolvidas na Internet, observa-se que as ferramentas mais utilizadas no momento para experimentação prática são baseadas em *softwares* de simulação. Este método é também conhecido como experimentação virtual.

Neste tipo de ambiente artificial, a profundidade do conhecimento adquirido pelos estudantes depende, primariamente da autenticidade, limitações e capacidade de simulações do programa utilizado. Através de uma inspeção nas principais Instituições de Ensino que utilizam estes recursos, bem como na literatura existente, observa-se que os estudantes são submetidos a ambientes experimentais restritos. A simples utilização de entradas e saídas de informações pré-determinadas nos sistemas experimentados restringe a criatividade individual, se compararmos com situações naturais onde não existem restrições nem limitações de programação da ferramenta (Sam,Bassen,Ilyas,2000).

Com o intuito de contornar estas restrições, os laboratórios remotos surgem como alternativas para a experimentação prática mais aprofundada. Com este recurso através da Internet, cria-se um cenário remoto com uma liberdade irrestrita de aplicações de variáveis de entrada para obtenção de resultados.

Este novo conceito de experimentação remota hoje tornou-se possível com a recente inovação na área de engenharia elétrica e de computação. No desenvolvimento de protótipos de dispositivos eletrônicos, existem dispositivos chamados *fast-prototyping breadboards* (bancadas de prototipagem rápida) onde, sem a necessidade de conexões físicas de fios, pode-se estabelecer a ligação entre componentes eletrônicos. Apenas com comandos de computador e o auxílio de interface gráfica e uso do *mouse*, circuitos eletrônicos reais são experimentados. Trata-se, portanto, de um desenvolvimento de dispositivos reais e não de simulação.

Esta modalidade de laboratórios está sendo disponibilizada via Internet com tendência a se tornar um instrumento de experimentação muito eficiente. Trata-se de laboratórios remotos com imagens reais e ao vivo com câmeras de vídeo, instrumentos de medição, geradores de sinais e dispositivos eletrônicos e eletromecânicos telecontrolados (Sam,Bassen,Ilyas,2000).

Uma interface eletrônica entre certos tipos de robôs e computadores conectados na Internet permite a grupos de estudantes elaborar experimentos com equipamentos de automação com visualização do que realmente está acontecendo no laboratório. O Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM), no México, está desenvolvendo um laboratório de automação e reconhecimento de imagens com estas características. Um braço mecânico executa a tarefa de reconhecer fusíveis de automóveis pela forma e pela cor e conectá-los em locais programáveis. A imagem é transmitida simultaneamente ao experimento. Todas as tarefas são monitoradas e telecomandadas via Internet.

Figura 8: Laboratório Remoto de Automação



Fonte: ITESM. Laboratorio Virtual de Robótica y Manufactura. Disponível na Internet: <http://www-cia.mty.itesm.mx/~gordillo/LVRM/LVRM.res.html>

Na figura 8 observa-se tele-ensaio realizado no Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM) no México, onde o braço robotizado programado a distância reconhece os fusíveis automotivos pela cor e os transporta para lugares programáveis.

Naturalmente, este tipo de experimento requer um horário marcado, um limite de usuários e operadores locais, ao contrário dos laboratórios de realidade virtual. A grande vantagem vem a ser o realismo da tarefa, assim como a possibilidade de disponibilização de laboratórios com equipamentos sofisticados, de alto custo, para qualquer localidade do mundo.

As limitações observadas são as inerentes da ainda baixa velocidade da Internet, para transmissão de imagens ao vivo. Como nas modalidades de simulação apresentadas anteriormente, meios como a fibra óptica permitirão a visualização de imagens nítidas e de transmissão praticamente instantâneas.

No campo do ensino de Eletrônica, a aplicação de Laboratórios Remotos é muito ampla. As Instituições de Ensino Tecnológico a distância poderão disponibilizar via Internet verdadeiros ambientes e laboratórios compostos de componentes e instrumentais reais, com possibilidade de ajustes e conexões dos componentes remotamente.

Um exemplo do laboratório remoto de aplicação no ensino remoto de Eletricidade/Eletrônica básica e Física está localizado na Florida Atlantic University (FAU) em Boca Raton nos Estados Unidos (figura 9). Neste laboratório o usuário remoto, via Internet (<http://jupiter.cse.fau.edu/directory.html>), através de uma interface gráfica, escolhe o experimento, fornece dados de intensidade de corrente elétrica e observa as medidas resultantes do experimento remoto real com o auxílio de uma câmera de vídeo controlada por comandos disponíveis numa janela associada ao próprio *browser* (Sam, Bassen, Ilyas, 2000) (figuras 10 e 11).

Figura 9: FAU, EUA – Laboratório Remoto de Eletricidade Básica

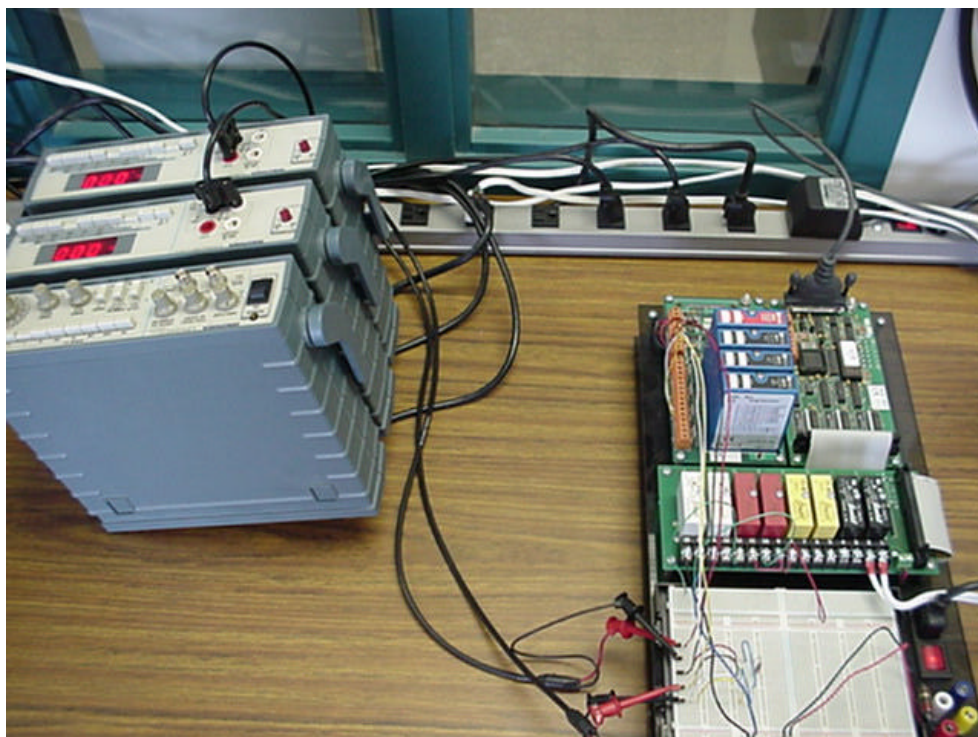
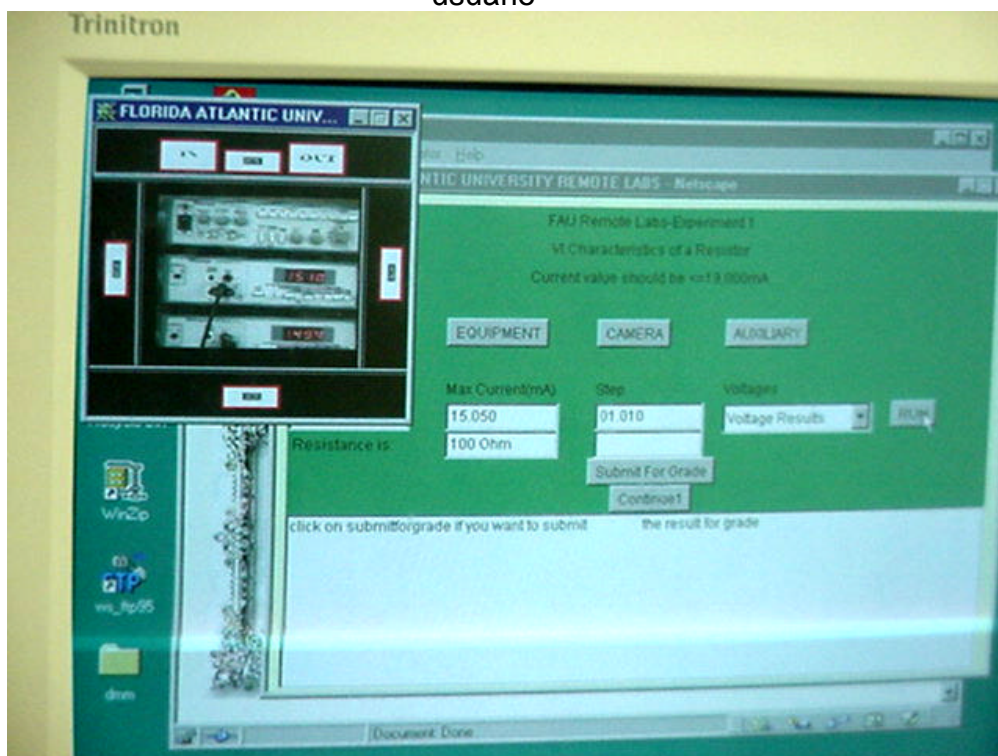


Figura 10: FAU, EUA – Laboratório Remoto/ Câmera telecontrolada

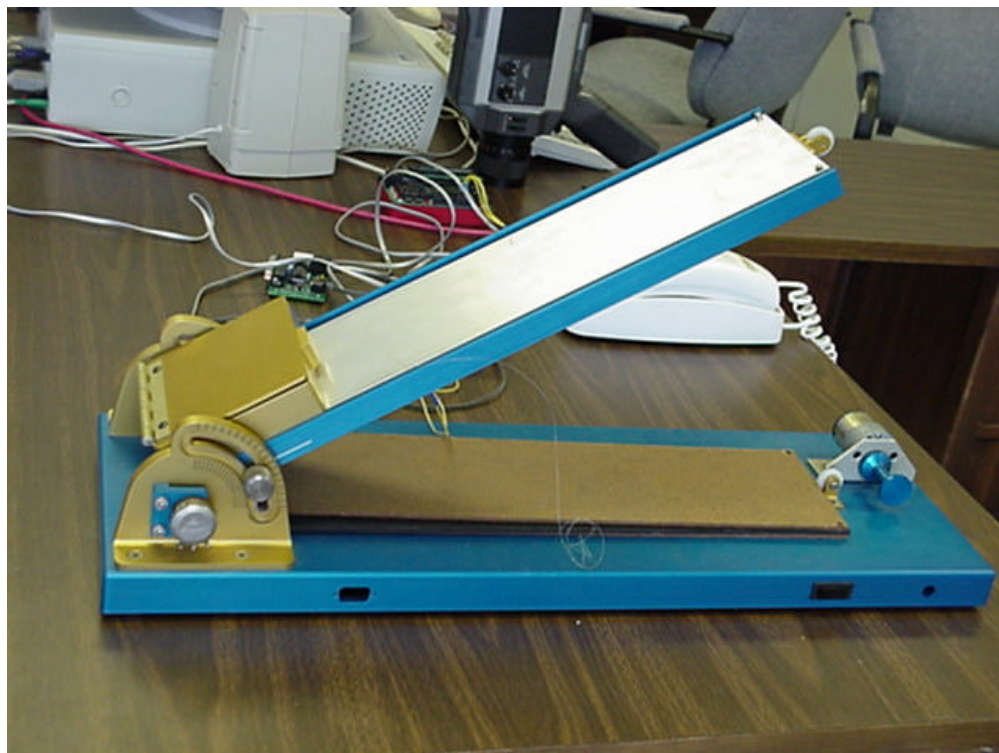


Figura 11: FAU, EUA – Laboratório Remoto/ Interface com o usuário



Neste mesmo laboratório da *Florida Atlantic University*, são disponibilizados experimentos da área de Física, nos quais o estudante controla remotamente um dispositivo contendo uma rampa inclinada com diversos sensores de posição e uma massa ajustável que proporcionam diversos tipos de medição e cálculos tais como velocidade de deslocamento do corpo e coeficientes de atrito (Bassen, Marcovitz, Hamza, Petrie, 2.000) (figura 12).

Figura 12: FAU,EUA - Laboratório Remoto de Física



O desenvolvimento dos dispositivos utilizados para a prototipagem rápida e emulação de projetos eletrônicos trouxe ao Ensino a Distância uma tecnologia de experimentação prática remota real, sem as limitações dos *softwares* de simulação na aplicação ao ensino.

2.5 Virtualidade no Ensino

Com o surgimento de tantas possibilidades de utilização de ferramentas de ensino virtuais, cada vez mais se torna necessária uma reflexão sobre a eficiência destes instrumentos, sejam eles aplicados como complementos de aulas presenciais ou como únicos meios de experimentação prática para o ensino a distância (du Boulay e Mizoguchi, 1997).

Temos como princípio inegável a necessidade da experimentação, seja ela simulada ou real. Existe a crença de que, nas diversas áreas do conhecimento, os estudantes aprendem melhor quando têm experiência num assunto ou tópico. Para Pierre Lévy (1.993), quando o ser humano busca em sua memória uma lembrança ou uma informação, este processo propaga-se desde os fatos atuais até os fatos que queremos encontrar. Para que isto ocorra, Levy cita duas condições: “Primeiro, uma representação do fato que buscamos deve ter sido conservada. Segundo, deve existir um caminho de associações possíveis que leve a esta representação”. Desta forma, podemos afirmar que em situações em que não existe a possibilidade de aplicação de ensaios reais, a utilização de recursos virtuais vem a ser mais vantajosa do que a simples demonstração ou explanação teórica. Estes experimentos vêm contribuir com a representação dos fatos e das lógicas da ciência e da tecnologia.

Mesmo com todas as vantagens que se possa obter com a utilização de ferramentas de informática na educação, se não houver uma estratégia de adaptação a esta forma de ensino, o efeito pode ser de ineficiência ou de distorção de objetivos.

No relato de Jan Hawkins (1.995), sobre as experiências vivenciadas pelos educadores dos Estados Unidos na implementação de novas tecnologias na educação, podemos perceber e arrolar algumas recomendações importantes a respeito do desenvolvimento e aplicação de ferramentas informatizadas no ensino:

- Uma ferramenta bem elaborada e/ou sofisticada, não implica, necessariamente, uma aplicação correta. Os professores, além de dominar a forma de utilização da ferramenta, devem orientar seus alunos em como explorar corretamente o dispositivo. Certamente, é o aluno que deve determinar o ritmo de sua aprendizagem, mas deve receber orientação do que deve esperar do experimento.
- “A tecnologia é capaz de ajudar o professor, mas não de substituí-lo”. Ou seja, não podemos esperar que os programas de computador ensinem por conta própria, a instrução e a orientação devem ser vastas. A realimentação aluno-professor não pode deixar de existir. Cada ser humano possui uma forma diferenciada de aprendizagem. Portanto, sempre existirá a necessidade de um mediador experiente no processo ensino-aprendizagem.
- Os professores devem estar envolvidos na estruturação e elaboração das ferramentas. São eles que vão determinar o ritmo, a seqüência e a lógica do instrumento, de forma que, nem sempre um programador ou

um técnico apresenta experiência ou condições de desenvolvimento de dispositivos sem o auxílio de educadores.

- As ferramentas devem ser avaliadas constantemente, analisando-se sua relevância e a eficácia no programa da disciplina. A própria avaliação dos estudantes deve ser levada em consideração no aprimoramento dos mecanismos.
- Deve-se sempre usar criatividade na aplicação dos novos instrumentos, explorando ao máximo os seus recursos. Temos a tendência de repetir, com o auxílio das tecnologias, as mesmas atitudes que já tínhamos sem ela.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa adotada é descrita neste capítulo detalhando-se todas as etapas e estratégias adotadas para avaliação das ferramentas virtuais existentes e análise dos experimentos efetuados com os estudantes de graduação em laboratórios reais e com simuladores.

A seqüência adotada na pesquisa bem como a especificação dos *softwares* experimentados também são relacionados neste capítulo. Diversos endereços de sites da Internet de instituições de renome internacional que atuam em ensino a distância com o auxílio de ferramentas virtuais são aqui relacionados.

3.1 Classificação da Pesquisa

Conforme mencionado anteriormente, a presente pesquisa tem por objetivo uma futura aplicação prática no ensino a distância de conteúdos práticos de cursos de graduação na área tecnológica de Eletrônica, sendo que a mesma metodologia exploratória se aplica a áreas do conhecimento em que experimentos práticos são relacionados a projetos e cálculos teóricos. Desta forma desenvolveu-se um estudo cuja natureza pode ser classificada como pesquisa aplicada. Sua forma de abordagem teve uma característica de pesquisa essencialmente qualitativa (Gil, 1991).

Ao longo da pesquisa foi efetuada uma ampla investigação dos principais programas de simulação ou de telecomando, via Internet ou de aplicação local. Foram também aplicados ensaios simulados a alunos para teste das hipóteses estabelecidas, bem como para uma maior familiarização

com o problema levantado inicialmente. Classificando-se então, sob o ponto de vista de seus objetivos, temos aqui uma pesquisa exploratória cujos procedimentos técnicos adotados foram: pesquisa bibliográfica, levantamento das ferramentas existentes e em desenvolvimento (com fornecedores de *softwares*, Universidades e Internet) e estudo de caso.

3.2 Classificação do Método

Os conhecimentos disponíveis sobre a aplicação de simuladores no ensino e na substituição de experimentos práticos são muito escassos. Tomando-se como principal referência de pesquisa a aplicabilidade destes recursos no ensino e formulando-se hipóteses relacionadas com a solução do problema formulado, desenvolveu-se uma ampla exploração dos recursos existentes visando-se testar ou falsear as conseqüências destas hipóteses. Conforme a classificação de Gil (1.999, p.30), utilizou-se um método hipotético-dedutivo no qual amostras intencionais foram escolhidas para o estudo e ensaio.

3.3 Descrição das Etapas da Pesquisa

Descreve-se a seguir a seqüência adotada na pesquisa e em seguida o detalhamento de cada etapa, bem como a especificação e avaliação das ferramentas estudadas e efetivamente aplicadas em ensaios:

- Pesquisa bibliográfica e na Internet sobre as ferramentas de simulação utilizadas por diversas Instituições de Ensino presencial e remoto na atualidade .
- Busca de embasamento teórico a respeito da viabilidade da substituição de experimentos práticos reais por ferramentas virtuais e/ou remotas existentes no mercado mundial e em desenvolvimento.
- Identificação e comunicação com fornecedores de *softwares* e aquisição de diversas versões de programas simuladores aplicados a projetos e ensino de Tecnologia e Engenharia Eletrônica.
- Teste e exploração dos diversos *softwares*, aplicando-os na elaboração de experimentos relacionados com o ensino de Eletricidade e Eletrônica.
- Análise qualitativa dos programas adquiridos para escolher uma ferramenta adequada para a aplicação e experimentação com os estudantes de graduação em Tecnologia Eletrônica.
- Elaboração de ensaios práticos de ensino de Tecnologia Eletrônica que possam ser experimentados com o auxílio de componentes e instrumentos reais bem como de ferramentas de simulação.
- Aplicação, observação e registro dos ensaios programados em duas turmas de estudantes por um período de dois meses, programando-se

uma turma para executar primeiramente os experimentos em laboratórios que dispõem de componentes e instrumentos reais e a outra, em laboratório de Informática, dispondo de *softwares* simuladores instalados.

- Aplicação para a segunda turma de estudantes dos ensaios programados em seqüência invertida, ou seja, implementação de experimentos simulados primeiramente e experimentos reais em seguida.
- Análise das avaliações de desempenho dos estudantes, dos registros e das observações/entrevistas efetuadas.
- Estudo e aplicação de Laboratórios Remotos, baseado nas conclusões obtidas com as experiências anteriores, elaborando-se uma comparação com a aplicação de simuladores.

3.4 Avaliação de Ferramentas de Simulação em Experimentos de Eletricidade/Eletrônica

Nesta seção serão relacionados e especificados os *softwares* e *sites* na Internet de simulação testados e avaliados nesta pesquisa. Selecionaram-se ferramentas aplicáveis a projetos e ensino das áreas de Eletrônica e Eletricidade. Alguns dos elementos analisados estão em fase de desenvolvimento e/ou teste.

Para efeito de comparação e avaliação das ferramentas de simulação foram levados em consideração principalmente o efeito cognitivo proporcionado pelos mesmos bem como a sua aplicabilidade na educação tecnológica a distância. Foram considerados os seguintes fatores na avaliação destas ferramentas (LabUtil, UFSC,2.001):

- Interface gráfica;
- Velocidade de simulação;
- Interface amigável com o usuário;
- Facilidade de conexões (montagens de circuitos);
- Biblioteca de componentes eletro-eletrônicos atualizada e ampla;
- Ampla disponibilidade de instrumentos de geração e medição;
- Fidelidade dos resultados das simulações;
- Custo para aplicação em Ensino a Distância;
- Possibilidade de trafegar pela Internet;
- Tipos de erros e mensagens ao usuário;
- Possibilidades de indução do usuário ao erro ou ao acerto irreal;
- Similaridade aos experimentos e instrumentos reais;
- Existência de mensagens tutoriais.

3.4.1 Softwares de Simulação Off-Line

No Quadro 2 são listados os *softwares* utilizados na pesquisa, os fabricantes, versão e ano de edição.

Quadro 2: *Softwares* de simulação empregados na pesquisa

Simulador	Fabricante	Versão	Ano
TINA	Design Soft	5.5	2000
CIRCI	Montgomery	2.1	2000
SpiceNet	Intusoft	8.3.7	2000
Crocodile Physics	Crocodile Clips	1.5	2000
Electronics Workbench	Interactive	4.0	1995

3.4.2 Sites de Simulação *On-Line*

As universidades apresentadas no quadro 3 utilizam simuladores *on-line* como ferramentas de apoio ao ensino presencial e remoto. Os simuladores existentes nestes sites foram testados e avaliados.

Quadro 3: Simuladores *on-line* testados

Experimento	Universidade	Localidade	Endereço
Circuitos RC e Associação de resistores	Messina	Itália	http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/index.html
Gerador de CC e CA	Messina	Itália	http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/index.html
Circuitos Digitais	John Hopkins	EUA	http://www.jhu.edu/virtlab/logic/log_cir.htm
Osciloscópio e Ponte de Wheatstone	Rei Juan Carlos	Espanha	http://www.escet.urjc.es/sinternet/labfisica.html
Filtro RLC	St andrews	Escócia	http://www.st-and.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/experiment/intro.html

3.4.3 Sites de Laboratórios Remotos Experimentados

A Florida Atlantic University e o Instituto Tecnológico de Monterrey foram visitados e concederam acesso aos laboratórios remotos para experimentação remota via Internet nos endereços apresentados no quadro 4.

Quadro 4: Laboratórios Remotos testados

Experimento	Universidade	Localidade	Endereço
Braço Robotizado	Instituto Tecnológico de Monterrey	México	http://www-cia.mty.itesm.mx/~gordillo/LVRM/LVRM.res.html
Elettricidade e Física	Florida Atlantic University	EUA	http://jupiter.cse.fau.edu/directory.html

3.5 Avaliação da Empregabilidade de Simulador em Experimentos Práticos Efetuados por Estudantes

Descreve-se a seguir a investigação prática efetuada com alunos de Graduação em Tecnologia Eletrônica do CEFET-PR ao longo do período de setembro a novembro de 2.000.

Foram escolhidas duas turmas de alunos de segundo período do curso, uma com 19 e outra com 15 integrantes. Após análise do currículo do curso em que estavam matriculados e entrevista com os mesmos, os estudantes foram considerados detentores dos conhecimentos básicos necessários na utilização de programas de microcomputadores.

Após a avaliação de diversos simuladores, observando-se os parâmetros listados na seção 3.4 desta dissertação (resultados apresentados no item 4.1.5), optou-se pelo *software* simulador *Electronics Workbench* (EWB), versão 4.0 produzido pela *Interactive Image Technologies, Ltd.*

Foram utilizados dois laboratórios do Departamento Acadêmico de Eletrônica do CEFET-PR, um deles composto por bancadas para experimentos práticos com dispositivos eletrônicos, dispondo de:

- Fonte de alimentação de Corrente Contínua;
- Fonte de alimentação de Corrente Alternada;
- Gerador de funções;
- Osciloscópio duplo-traço;

- Componentes Eletrônicos listados no enunciado dos experimentos;
- *Protoboards* para conexão de componentes.

Foi utilizado um segundo laboratório composto por 20 microcomputadores Pentium 266 com 32Mbytes de RAM, muito embora a performance deste *software* seja aceitável em microcomputadores a partir de Pentium 75. Este foi um dos fatores preponderantes na escolha do *software*: o pouco espaço de memória utilizado e a pouca necessidade de velocidade de processamento. No ensino a distância deve-se levar em consideração a possibilidade de os alunos utilizarem seus próprios equipamentos para tarefas individuais.

Neste laboratório instalou-se a versão educacional do EWB 4.0 em todas as máquinas. Esta versão permite com facilidade o transporte pela Internet ou através de disquetes, fator importante para esta pesquisa, uma vez que os alunos executam parte das tarefas isoladamente, em seus próprios computadores.

Inicialmente as duas turmas receberam um treinamento e uma apostila sobre a utilização do programa, bem como informações sobre todos os seus recursos e limitações. As tarefas apresentadas a seguir foram esclarecidas e embasadas teoricamente.

3.5.1 Tarefas Apresentadas aos Alunos

Foram elaboradas tarefas relacionadas com conteúdos de Eletricidade e Eletrônica já estudados anteriormente de forma teórica, exclusivamente. Entre as tarefas foram exploradas principalmente a habilidade no manuseio de instrumentos, conexões de componentes eletro-eletrônicos e medidas quantitativas e qualitativas das grandezas físicas relacionadas com esta área do conhecimento.

Com o intuito de preparar os estudantes para as tarefas principais, foi distribuída uma apostila sobre o funcionamento do simulador EWB e diversos ensaios básicos com as principais funções do programa foram efetuados em forma de estudo dirigido.

Assim, foi apresentada a seguinte seqüência de tarefas aos alunos para execução num prazo de duas semanas (tarefas de um à três), com sessões de 150 minutos cada semana, tanto no laboratório de informática como no laboratório de ensaios reais. Para as duas últimas tarefas, efetuadas remotamente, o prazo estipulado foi de dez dias.

TAREFA 1:

Elaborar e ensaiar um circuito capaz de representar figuras de Lissajous na tela do Osciloscópio:

- a) Mesma frequência nos dois eixos, com defasagem de noventa graus e diâmetro ajustável;*
- b) $F_x=3F_y$, sem defasagem.*

TAREFA 2:

Elaborar e ensaiar um circuito de um retificador onda-completa, saída 24V, com dois diodos, a partir de uma fonte AC de 120V e apresentar :

- a) a forma de onda de tensão em todos os componentes, inclusive na carga;*
- b) a forma de onda de corrente sobre os diodos;*
- c) a forma de onda da tensão sobre a carga com representação do ripple para uma carga de 1kW e Filtro de 100nF.*

TAREFA 3:

- a) A partir de uma fonte de tensão AC e um dobrador de tensão com dois diodos, elaborar ensaio para obter-se 281V –CC de saída.*
- b) Analisar e apresentar as formas de onda com cargas variáveis.*

TAREFA 4

Explorar os recursos do Bode Plotter com os filtros FBP, FPA, FPF, FCF passivos e ativos (com Amplificadores Operacionais). Apresentar memorial descritivo dos projetos dos filtros ativos.

TAREFA 5 (OPCIONAL):

Utilizar os recursos do Word Generator (gerador de seqüências digitais) e do Logic Analyzer (Analisador Lógico) do EWB para um contador síncrono de 0 a 16 up-down com tecnologia TTL.

3.5.2 Seqüência dos Ensaios de Aplicação da Ferramenta

Uma das turmas foi submetida, inicialmente, aos experimentos simulados. As tarefas 1 a 3 foram efetuadas no laboratório com observação individual do desempenho dos alunos, evitando-se orientações do Professor que não pudessem ser feitas em tempo real a distância, como demonstrações individuais, reparos de conexões e verificação de defeitos de funcionamento. As demais tarefas foram efetuadas pelos alunos isoladamente em computadores próprios e/ou disponíveis na Instituição, para uma completa análise do desempenho a distância, sem acompanhamento de um docente.

Na seqüência estes alunos foram observados efetuando as mesmas tarefas em laboratório com instrumentos reais. A outra turma de estudantes seguiu a seqüência contrária, ou seja, primeiro experimentaram os circuitos

propostos em laboratório, com bancadas e instrumentos reais, e em seguida exclusivamente com o *software* simulador.

A inversão da seqüência foi idealizada para que uma comparação posterior entre o desempenho das duas turmas fosse efetuada. Observa-se desta maneira, na aplicação de simuladores no ensino a distância, se as eventuais dificuldades ou deficiências do aprendizado com estas ferramentas podem ser minimizadas com aulas presenciais, utilizando-se laboratórios reais.

No sentido inverso, ou seja, analisando-se o desempenho dos estudantes que operaram primeiramente os laboratórios virtuais, procurou-se observar se as habilidades adquiridas em experimentos remotos, ao serem aplicadas em situações reais, causam alguma distorção ou efeito nos resultados das tarefas.

Os trabalhos dos alunos referentes às tarefas 4 e 5, enviados ao professor em disquete e por *e-mail*. Foram testados, avaliados, corrigidos e comentados e em seguida devolvidos em forma eletrônica aos alunos.

Foi testada a eficácia deste trabalho de orientação realizado de forma remota. Os circuitos dos filtros ativos simulados foram testados pelo professor a distância e as sugestões de correções foram devolvidas por *e-mail*. Esta análise de possibilidade de interatividade remota deve ser considerada na escolha das ferramentas de simulação, pois alguns softwares não apresentam recursos para comentários relacionados com os circuitos.

3.5.3 Avaliação do Desempenho dos Estudantes

Para uma análise do desempenho da aplicação de *softwares* simuladores em substituição aos experimentos práticos reais em laboratório, adotou-se a metodologia de observação individual de desempenho e avaliação de ensaios e relatórios entregues via *e-mail* e/ou disquetes.

Foram observadas individualmente, ao longo das experiências com simulador, as dificuldades e as facilidades encontradas pelos alunos nas seguintes etapas das tarefas, utilizando componentes simulados e instrumentos virtuais:

- Elaboração de conexões de componentes eletro-eletrônicos;
- Manuseio de instrumentos de medição;
- Manuseio de fontes de alimentação e geradores de função;
- Medições de grandezas elétricas com instrumentos simulados;
- Análise de formas de onda de sinais elétricos;
- Rendimento dos ensaios sem a presença do professor.

Ao longo da observação do desempenho dos alunos, foi analisada a diferença no manuseio dos instrumentos, bem como nas medições efetuadas pelos alunos que já haviam executado os experimentos reais em comparação com os que iniciaram pela simulação.

O principal foco da observação foi a verificação da proximidade das situações simuladas com as situações reais, principalmente se, através de simulação, os estudantes estavam adquirindo habilidades e se havia possibilidade de exploração dos conceitos tecnológicos. De uma forma abrangente objetivou-se, com a observação da execução das tarefas, a análise do processo de cognição (Richard, 1.990).

Durante a elaboração das tarefas os estudantes são submetidos a desafios e ao desenvolvimento de habilidades relacionadas com as competências esperadas pelos programadores da disciplina. Verificou-se tanto nas experiências reais como nas virtuais a eficácia dos ensaios através dos resultados apresentados ao professor e dos relatórios contendo medições elétricas e formas de onda. As conclusões apresentadas pelos alunos referentes aos dois tipos de ensaios (reais e virtuais) foram comparadas para identificar-se os conteúdos tecnológicos em que a simulação de realidade pode substituir experimentos reais.

4 RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA PESQUISA

Neste capítulo serão descritos os resultados obtidos na avaliação dos *softwares* de simulação atuais sob o ponto de vista da aplicabilidade ao ensino, mais especificamente na substituição de experimentos reais.

Os simuladores *on-line* via Internet, os simuladores *off-line*, os laboratórios remotos e, principalmente, a aplicação realizada por estudantes de Tecnologia com o simulador EWB nos ensaios práticos de Eletricidade/Eletrônica, serão avaliados separadamente.

Serão destacadas aqui as principais vantagens e desvantagens das ferramentas estudadas, bem como as deficiências encontradas na aplicação destas ferramentas no ensino a distância.

4.1 Avaliação dos Softwares de Simulação *Off-line*

Apresentam-se aqui os resultados da avaliação dos *softwares* de simulação *off-line*, ou seja, que trabalham desconectados da Internet. Estes programas nas suas versões mais atuais e completas, incluindo suas bibliotecas de componentes, apresentam no momento dificuldade de serem transmitidos via Internet em virtude da quantidade de *bytes* de que são constituídos, acima de 100 Mbytes. Suas versões mais básicas podem ser enviadas via Web para que os estudantes possam trabalhar em seus próprios

computadores. Porém, isto encarece o curso em função do registro do *software* distribuído em múltiplas cópias.

Esta categoria de simuladores passa a ser uma alternativa para o ensino tecnológico a distância em programas que contam com centros remotos distribuídos, onde laboratórios de microcomputadores com as ferramentas necessárias são disponibilizados aos estudantes. Neste caso torna-se necessário um número reduzido de cópias autorizadas dos *softwares* em comparação com o fornecimento individual. Além disto, versões mais recentes e completas podem ser exploradas nos cursos, permitindo a redução de custos com a substituição de instrumentos reais.

4.1.1 Simulador TINA – *Complete Electronics Lab*

A avaliação efetuada deste *software* de simulação de circuitos eletrônicos demonstrou ser esta ferramenta uma das mais completas encontradas no mercado atualmente. Possui uma vasta biblioteca de componentes e permite simulações na grande maioria das sub-áreas da Eletricidade e Eletrônica.

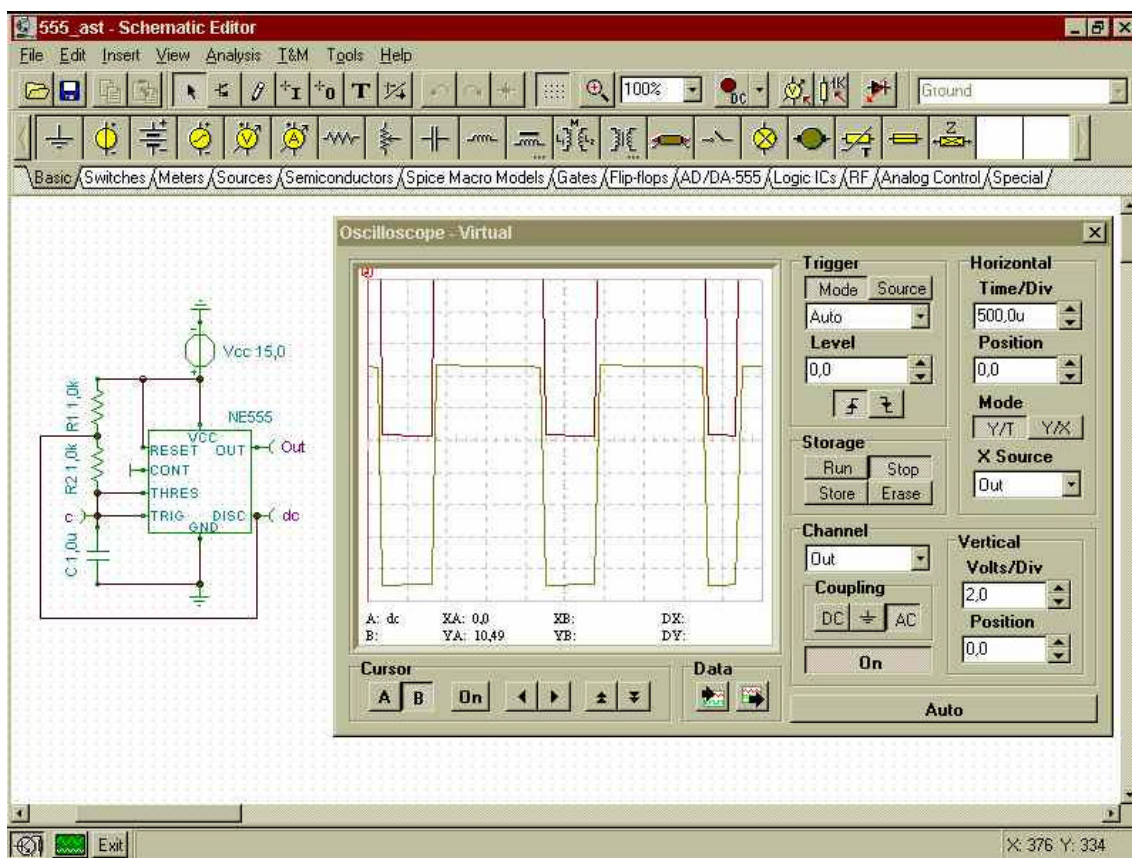
O programa disponibiliza ao usuário treze menus de componentes eletro-eletrônicos com a possibilidade de criação de componentes novos com grande facilidade. Os principais parâmetros dos componentes já existentes podem ser editados e gravados. Existem oito instrumentos eletrônicos de medição e geradores de alto grau de sofisticação e grande quantidade de recursos e ajustes, quais sejam: gerador de funções, multímetro, gravador XY,

osciloscópio, analisador de sinais, analisador de redes, analisador lógico e gerador de sinais digitais.

Neste *software*, os instrumentos, embora completos e sofisticados, não apresentam ao estudante/projetista controles semelhantes aos reais. No aspecto didático, principalmente no ensino a distância, isto acarretaria uma maior quantidade de orientações e demonstrações referentes aos equipamentos reais. Trata-se de uma excelente ferramenta para projetos ou até para estudos, mas para estudantes mais avançados, que já mantiveram anteriormente contato com instrumentos reais ou com simuladores mais básicos e mais didáticos.

Na figura 13 é apresentada a tela principal do *software* durante a simulação de um oscilador com o circuito integrado 555, apresentando-se a forma de onda de saída em um osciloscópio.

Figura 13: Simulador TINA – *Complete Electronics Lab*



4.1.2 Simulador CIRSIM – *Electronic Circuit Simulator*

Com o objetivo de testarem-se os mais diversos tipos de simuladores existentes na atualidade, o CIRSIM 2000 foi analisado, principalmente por apresentar uma grande facilidade de trâmite pela Internet, uma vez que o programa ocupa menos de 500kBytes de memória e os arquivos de circuitos, de 1k a 7k bytes.

A interface com o usuário é muito precária e a programação de circuitos novos é feita pela edição de valores de componentes sem a visualização do circuito real. Apenas circuitos básicos podem ser ensaiados.

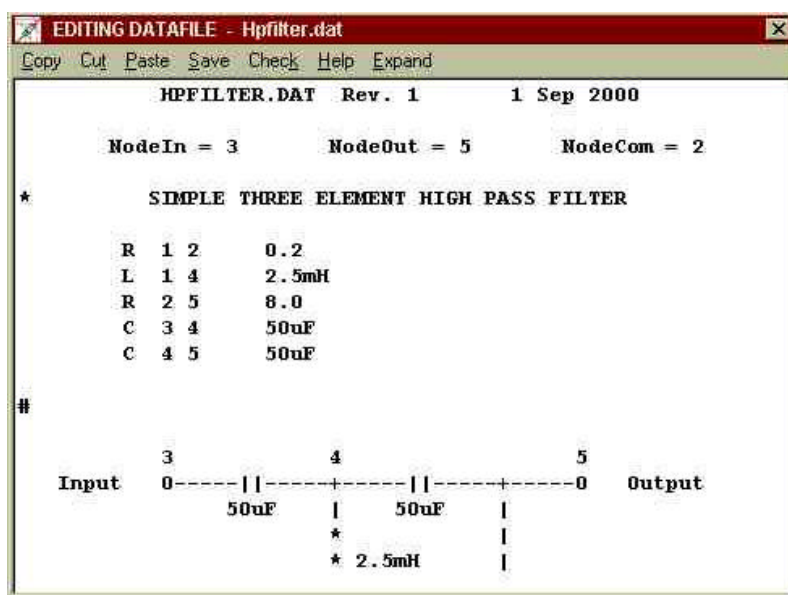
Os valores dos componentes empregados são teóricos e não se pode alterar outros parâmetros como nos demais simuladores existentes.

Não existem instrumentos de medição; a única forma de apresentação de resultados é através da plotagem de gráficos. Estes podem ser referentes à análise de amplitude em função da frequência do sinal senoidal aplicado ou da resposta transiente a um pulso aplicado de largura ajustável.

Outra deficiência do programa para a aplicação no ensino de Eletrônica é a sua limitação quanto a circuitos ativos, além da falta de visualização de componentes e instrumentos assim como a impossibilidade de execução de medidas.

Na figura 14 representa-se a forma de entrada de valores e o desenho do circuito a ser ensaiado.

Figura 14 : Simulador CIRSIM 2.1 – Edição de Circuitos



Na figura 15 é exibida a forma de entrada de faixas de freqüências a serem aplicadas no dispositivo para análise de resposta e as freqüências de início e final da análise gráfica.

Figura 15 : Simulador CIRSIM 2.1 – Definição de escalas

GRAPH FREQUENCY SCALES - Hpfilter.dat

1 Decade		2 Decades		5 Decades	
<input type="radio"/> #1	0.03 - 0.3Hz	<input type="radio"/> #22	0.03 - 3.0Hz	<input type="radio"/> #41	0.03 - 3kHz
<input type="radio"/> #2	0.1 - 1.0Hz	<input type="radio"/> #23	0.3 - 30Hz	<input type="radio"/> #42	0.3 - 30kHz
<input type="radio"/> #3	0.3 - 3.0Hz	<input type="radio"/> #24	3.0 - 300Hz	<input type="radio"/> #43	3.0 - 300kHz
<input type="radio"/> #4	1.0 - 10Hz	<input type="radio"/> #25	30 - 3kHz	<input type="radio"/> #44	30 - 3MHz
<input type="radio"/> #5	3.0 - 30Hz	<input type="radio"/> #26	300 - 30kHz	<input type="radio"/> #45	300 - 30MHz
<input type="radio"/> #6	10 - 100Hz	<input type="radio"/> #27	3k - 300kHz	<input type="radio"/> #46	3k - 300MHz
<input type="radio"/> #7	30 - 300Hz	<input type="radio"/> #28	30k - 3MHz	<input type="radio"/> #47	30k - 3GHz
<input type="radio"/> #8	100 - 1kHz	<input type="radio"/> #29	300k - 30MHz		
<input type="radio"/> #9	300 - 3kHz	<input type="radio"/> #30	3M - 300MHz		
<input type="radio"/> #10	1k - 10kHz	<input type="radio"/> #31	30M - 3GHz		
<input type="radio"/> #11	3k - 30kHz				
<input type="radio"/> #12	10k - 100kHz	3 Decades			
<input type="radio"/> #13	30k - 300kHz	<input type="radio"/> #32	0.03 - 30Hz		
<input type="radio"/> #14	100k - 1MHz	<input type="radio"/> #33	0.3 - 300Hz		
<input type="radio"/> #15	300k - 3MHz	<input type="radio"/> #34	3.0 - 3kHz		
<input type="radio"/> #16	1M - 10MHz	<input type="radio"/> #35	30 - 30kHz		
<input type="radio"/> #17	3M - 30MHz	<input type="radio"/> #36	300 - 300kHz		
<input type="radio"/> #18	10M - 100MHz	<input type="radio"/> #37	3k - 3MHz		
<input type="radio"/> #19	30M - 300MHz	<input type="radio"/> #38	30k - 30MHz		
<input type="radio"/> #20	100M - 1GHz	<input type="radio"/> #39	300k - 300MHz		
<input type="radio"/> #21	300M - 3GHz	<input type="radio"/> #40	3M - 3GHz		

User Defined Range

Start:

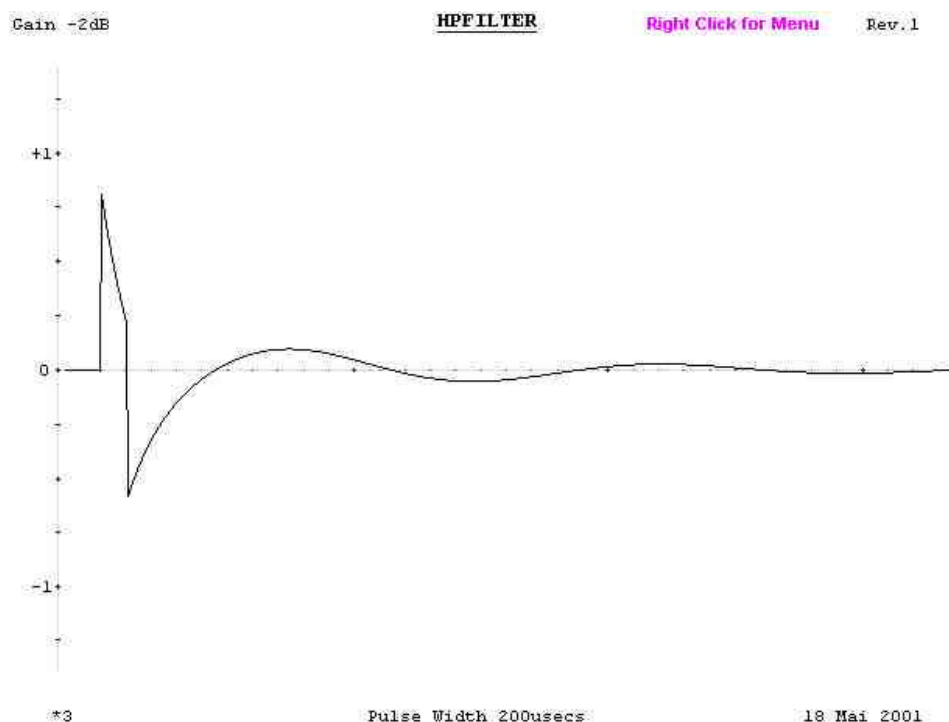
Freq. (Hz)

End:

Select Frequency Range Required

Na figura 16, apresenta-se um gráfico referente a uma simulação feita com o auxílio do CIRSIM 2.1, representando a saída de um filtro passa-alta no qual foi aplicado um pulso em sua entrada, conforme valores definidos nas duas telas anteriormente representadas (figura 14 e figura15)

Figura 16 : CIRSIM 2.1 – Resultado da aplicação de um pulso simulado



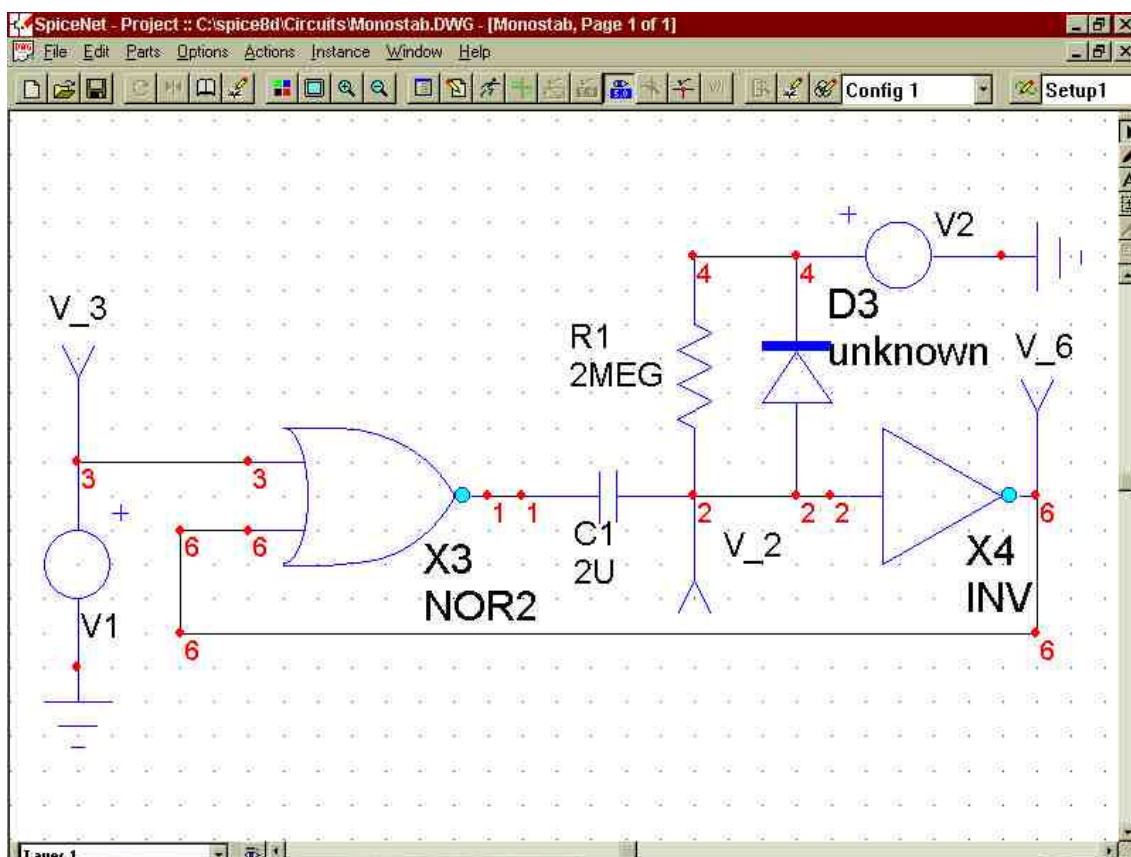
Este simulador poderá ser utilizado como apoio ao ensino de alguns conceitos teóricos de circuitos transitórios com elementos passivos. Trata-se, principalmente, de um simulador de resultados apenas em forma de gráficos, mas com grande variedade de informações e detalhamento. Não se trata de um laboratório de ensaios diversos como o *software* TINA ou EWB. Sua característica é de simulador de aplicações teóricas, não sendo aplicável à experimentação prática.

4.1.3 Simulador *SpiceNet*

Através de ensaios com o simulador *SpiceNet* pode-se observar que este programa apresenta uma grande limitação para as aplicações como laboratório de Eletrônica de característica universal. Possui poucas opções de componentes eletro-eletrônicos com possibilidade limitada de variações de parâmetros. Os instrumentos de medição não são representados, apenas formas de onda e resultados podem ser obtidos sem a visualização de instrumentos. Não há a possibilidade de conectá-los graficamente aos diversos pontos dos circuitos nem tampouco de se ajustarem escalas.

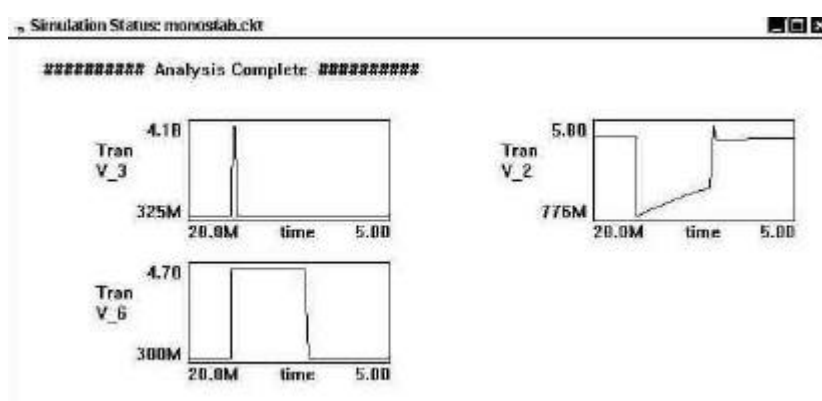
Na figura 17 é representada a tela de edição de circuitos do *SpiceNet* na qual um circuito monoestável foi projetado e desenhado para efeito de ensaios.

Figura 17: Simulador *Spice Net* – Tela de edição e ensaio



Na figura 18, observam-se as formas de onda em três pontos previamente assinalados no circuito ensaiado. Não existe nenhuma forma de interatividade do estudante com a visualização dos resultados, assim como alterações de escala horizontal e vertical do osciloscópio.

Figura 18 : Simulador Spice Net – Análise de Sinais



4.1.4 Simulador *Crocodile Physics*

Os ensaios efetuados com o *software* simulador *Crocodile Physics* 1.5 demonstraram sua grande versatilidade de atuação numa grande quantidade de áreas do conhecimento. Muito embora sua programação inicial refira-se a aplicações em Física, apresenta grande diversificação de recursos para outras áreas correlatas, como mecânica, construção civil, projetos de móveis e estruturas diversas.

Na figura 19, é exibido o experimento utilizado no ensaio, no qual um oscilador utilizando o circuito integrado 555 foi projetado e construído. Como se pode observar, este programa não apresenta instrumentais virtuais para medições como outros simuladores que reproduzem graficamente laboratórios

de ensaios eletrônicos completos. Sua apresentação de formas de onda é feita através de um gráfico na parte inferior da tela, onde o sinal correspondente às pontas de prova indicadas no circuito é apresentado. Estes pontos de teste podem ser escolhidos pelo usuário, sendo possível a observação de sinais diversos do mesmo dispositivo simultaneamente, sendo cada sinal representado pela cor da ponta de prova correspondente. Medidas de tensão de corrente são obtidas facilmente ao localizar-se o cursor do *mouse* sobre os pontos de observação.

Figura 19 : Simulador *Crocodile Physics* – circuito oscilador 555 e forma de onda

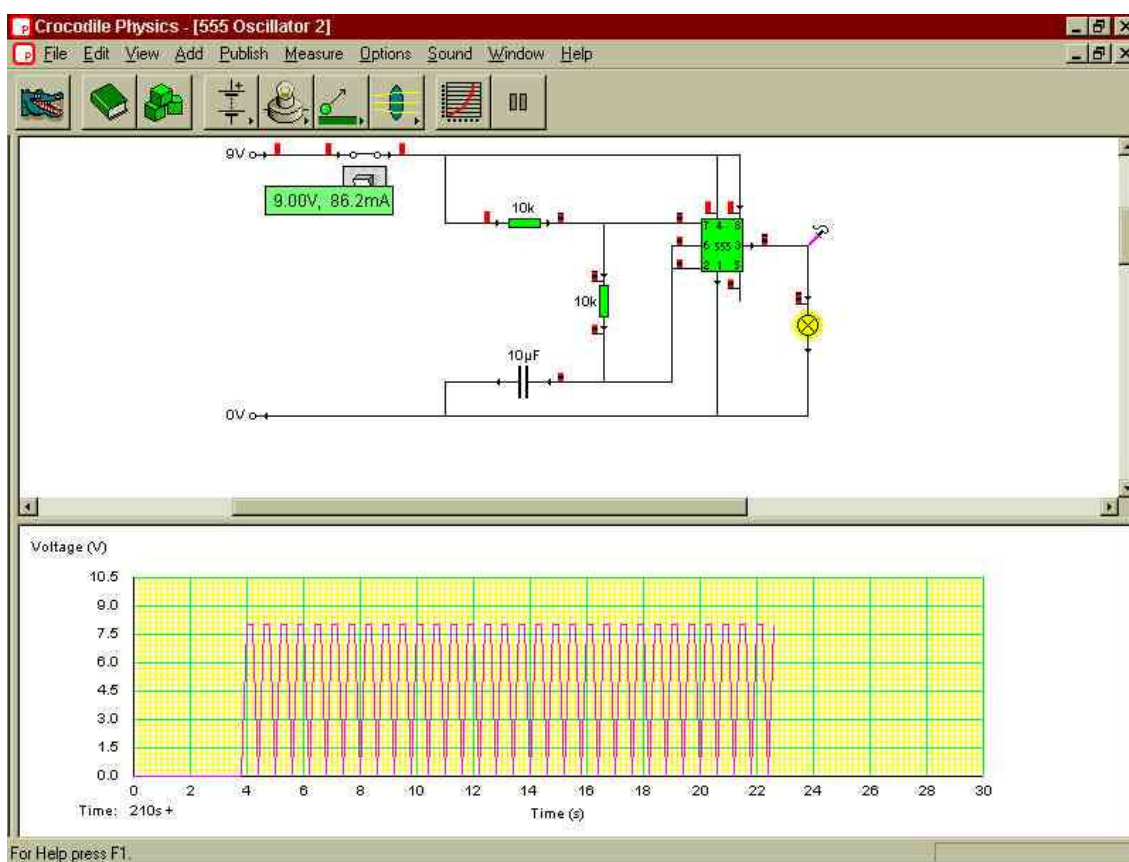
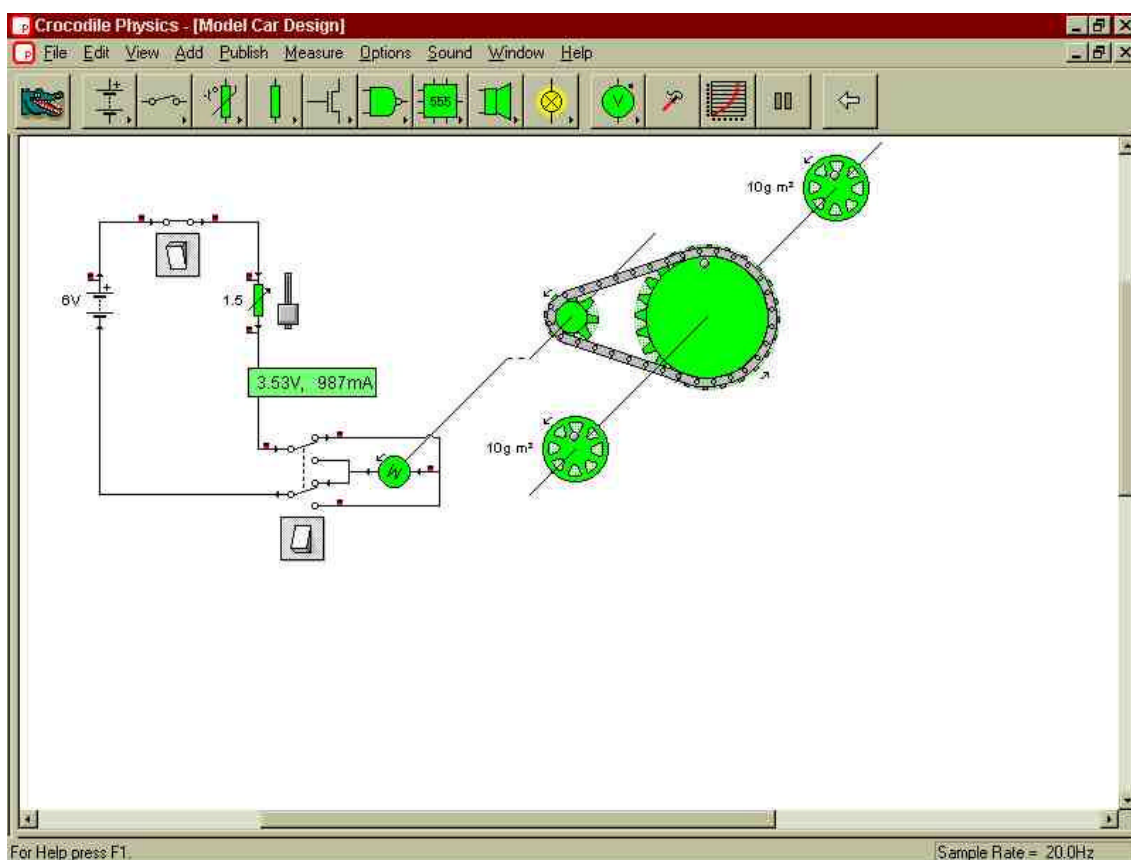


Figura 20 : Simulador *Crocodile Physics* – circuito eletromecânico
com animação

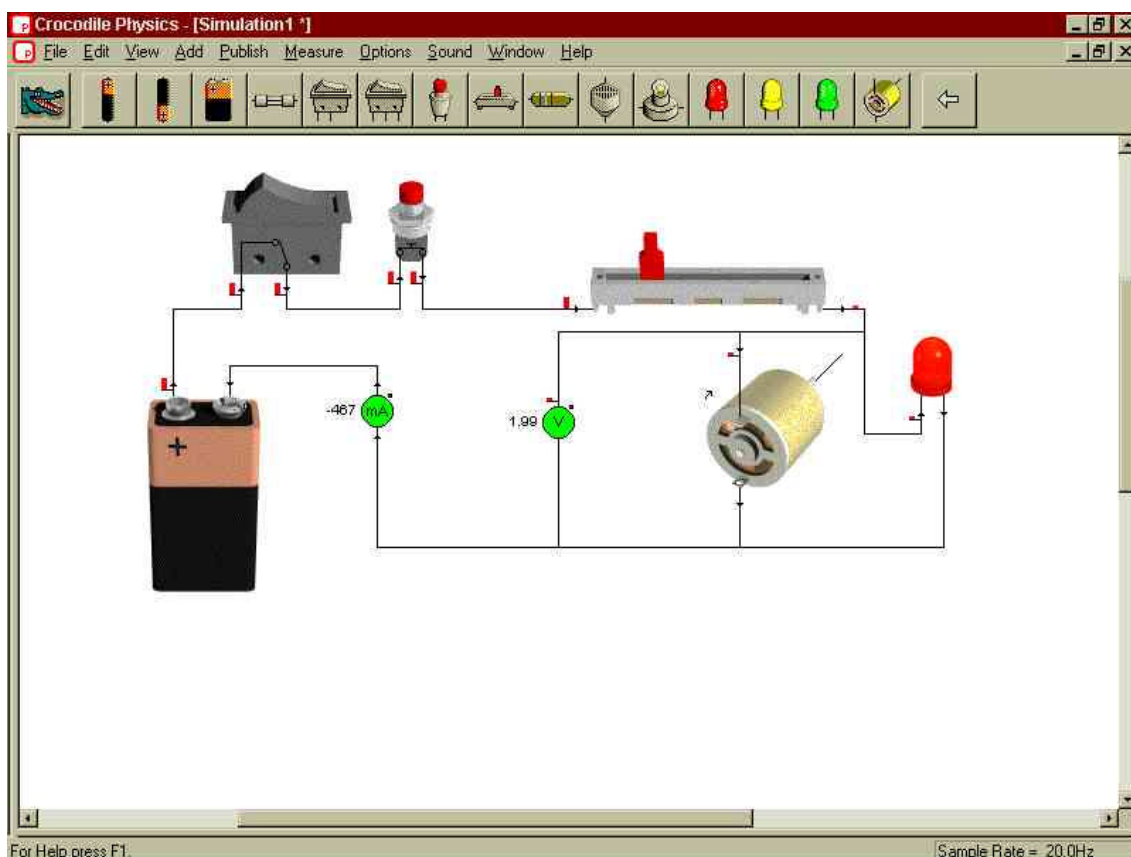


Na figura 20 observa-se um circuito ensaiado no qual componentes eletro-eletrônicos são representados juntamente com componentes mecânicos. Neste dispositivo, a corrente que circula por um motor é controlada de forma a se variar a velocidade do mesmo. Com o acionamento de um interruptor duplo, obtém-se a reversão do sentido de rotação do motor. Uma vez acionado o motor, o simulador apresenta uma animação das engrenagens na velocidade e sentido de rotação desejadas. Ao longo da simulação/animação é possível a

interação do usuário em tempo real bem como a medição de níveis de tensão e de corrente.

Outro recurso avaliado deste simulador é o da representação e animação gráfica dos componentes eletro-eletrônicos nas suas formas reais. Conexões e ensaios são efetuados com a visualização de imagens digitalizadas de componentes reais. Foi executado um ensaio básico com um motor CC alimentado por uma bateria de 9 Volts , sendo a rotação controlada por um reostato. Medidores de tensão e de intensidade de corrente elétrica foram inseridos no dispositivo para obtenção de medidas em tempo real (figura 21).

Figura21 : Simulador *Crocodile Physics* – circuito com imagens de componentes reais



Os ensaios demonstraram uma grande versatilidade deste simulador com a possibilidade de aplicações diversas no ensino a distância. Os arquivos gerados pelas simulações ocupam muito pouco espaço de memória (menos de 10kBytes).

A interface gráfica com o usuário permite uma visualização muito próxima da realidade, proporcionando-se animações de imagens de motores e engrenagens em movimento, indicadores luminosos acesos, posicionamento de reostatos, estado de interruptores, etc.

A apresentação gráfica dos sinais em diversos pontos dos dispositivos simulados assemelha-se a osciloscópios de multicanais, instrumentos raramente encontrados em laboratórios reais haja vista o seu custo elevado.

Entre os simuladores existentes na atualidade, esta ferramenta apresenta uma grande vantagem: proporcionar simulações em outras áreas básicas do conhecimento, como a física, por exemplo. Desta forma, os conteúdos de base científica dos programas de ensino a distância também podem ser enriquecidos.

Considera-se uma deficiência deste aplicativo a impossibilidade de visualização de instrumentos de medição e geração de sinais ou energia. A biblioteca de componentes eletro-eletrônicos é muito limitada. Além disso, os componentes existentes possuem características próximas aos modelos teóricos, pois poucos parâmetros reais são programáveis.

4.1.5 Simulador *Electronics Workbench*

Apresenta-se a seguir uma avaliação do Simulador EWB, cujas características encontradas vão ao encontro das principais necessidades dos programas de ensino aplicáveis a distância das áreas de Eletricidade e Eletrônica, desde o nível mais básico até o mais avançado.

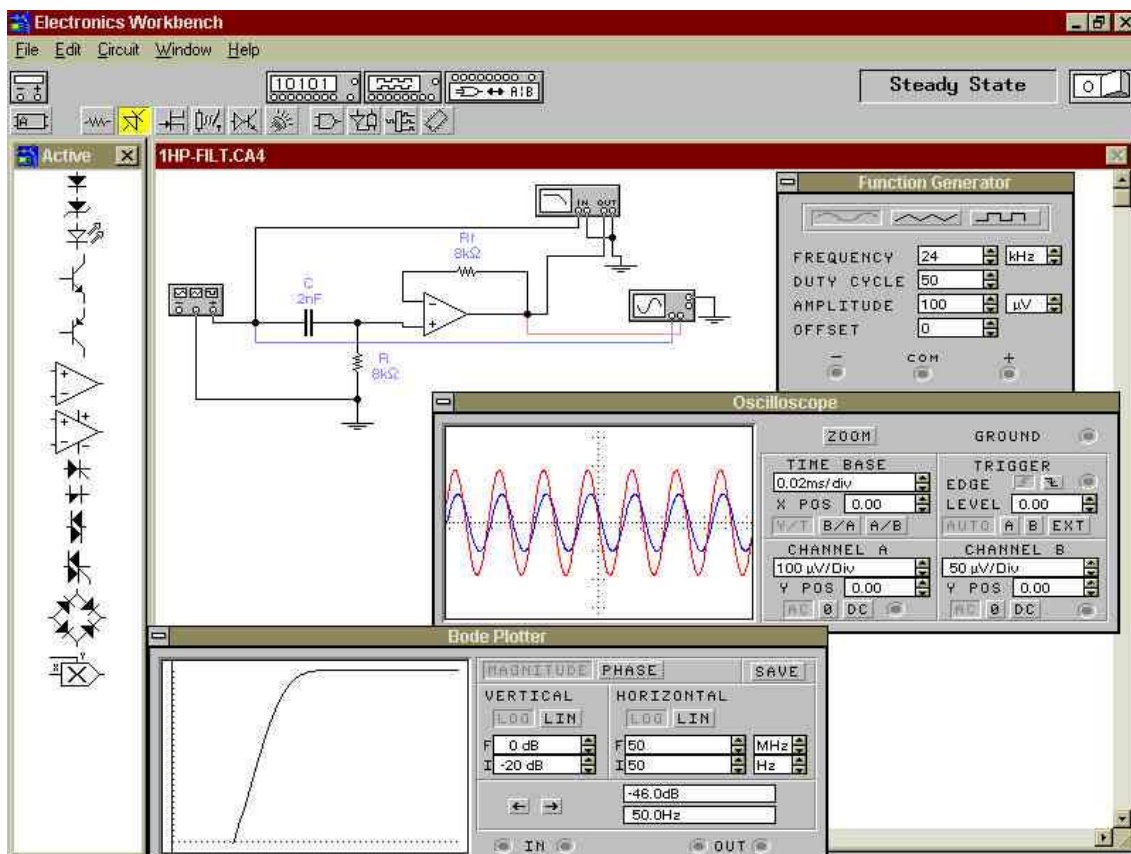
A versão aqui analisada não se acha disponível comercialmente. Sua versão mais atualizada é a denominada Multisim, produzida pelo mesmo fabricante, e apresenta características semelhantes ao *software* TINA. Um estudo aprofundado sobre esta versão anterior mereceu especial atenção, pois se trata de um simulador de laboratório de Eletro-Eletrônica muito versátil, que disponibiliza uma biblioteca de componentes muito ampla e apresenta instrumentos de medição e geração de sinais com excelente grau de sofisticação e funcionalidade. Com apenas 2Mbytes, aproximadamente, de espaço de memória ocupado, o EWB proporciona aos estudantes e professores uma ampla gama de experimentações simuladas, com a importante e fundamental característica de tramitar facilmente pela Internet em locais de baixa velocidade de comunicação.

Na figura 22 , é representado o ensaio de avaliação efetuado com este simulador no qual um filtro ativo tipo passa-alta é analisado tanto com o auxílio de um osciloscópio duplo-traço, como com um analisador de curva de resposta *Bode Plotter*, ambos virtuais. Um gerador de funções é aplicado na entrada do dispositivo.

Observa-se que os ajustes e configurações dos instrumentos e gerador são fiéis aos encontrados nos instrumentos reais. Com um simples clique do

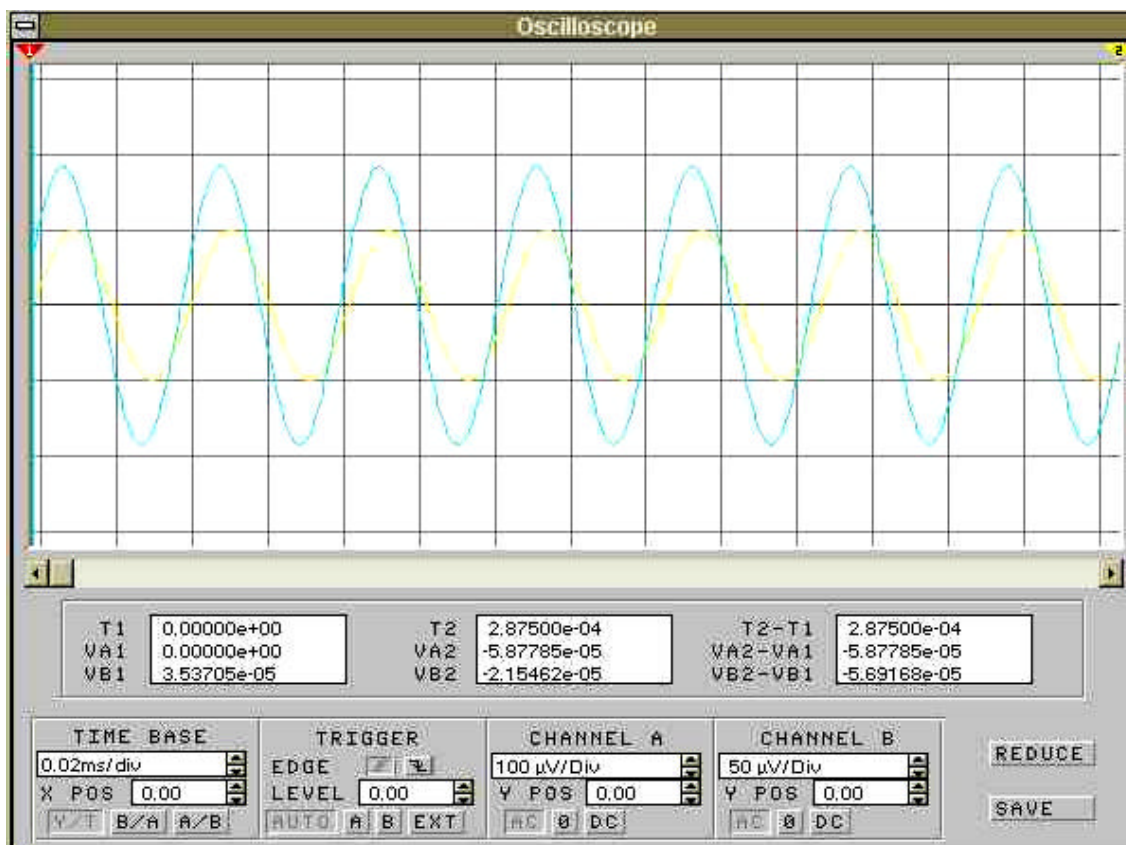
mouse sobre a representação destes instrumentos no circuito, obtém-se uma visão ampliada e detalhada dos ajustes e sinais nas telas de visualização de gráficos e formas de onda.

Figura 22 : Simulador *Electronics Workbench* – Filtro ativo analisado por osciloscópio e *Bode Plotter*



Na figura 23 é representada a terceira forma de apresentação possível das formas de onda no osciloscópio do EWB. Com a opção *zoom* no osciloscópio de dimensões intermediárias, obtém-se um excelente detalhamento dos sinais visualizados, proporcionando ainda a medição de forma gráfica da frequência e de níveis de tensão com muita precisão.

Figura 23 : Simulador *Electronics Workbench* – Tela ampliada do osciloscópio duplo-traço virtual.



Pelas características apresentadas, este foi o simulador escolhido para a verificação prática com estudantes quanto à aplicabilidade de ferramentas virtuais em substituição aos laboratórios com bancadas de instrumentos reais.

Observou-se ao longo da análise que este *software* proporciona aos estudantes da área de Eletrônica um maior desenvolvimento das habilidades práticas, principalmente no que se refere ao manuseio de instrumentos com maior grau de sofisticação. Em grande parte dos experimentos, esta ferramenta permite simulações muito próximas às situações reais.

As pequenas dimensões dos arquivos de circuitos gerados pelo EWB (máximo 100kBytes, incluindo comentários) tornam este simulador muito adequado para utilização remota.

A deficiência observada neste *software* é a ausência de componentes e instrumentos relacionados com a análise de linhas de transmissão e de rede. No aspecto de variedade de componentes e experimentos possíveis, o programa TINA apresenta muito mais recursos comparativamente ao EWB.

4.2 Avaliação dos Simuladores On-line

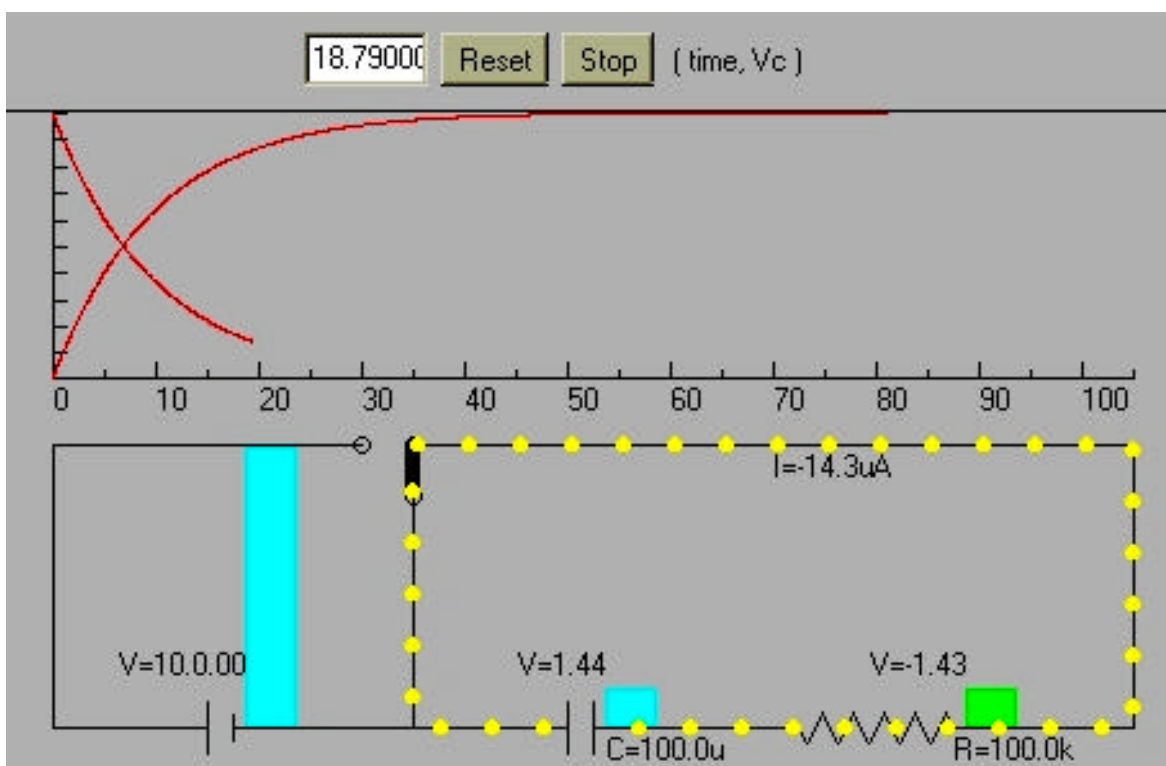
Serão apresentadas a seguir algumas análises de simuladores *on-line* encontrados em diversas instituições de ensino que utilizam a Internet para proporcionar simulações de experimentos com dispositivos eletro-eletrônicos ao seus estudantes. Todos os programas testados possuem a característica de tramitarem facilmente pela *Web*, haja vista o pouco espaço de memória que utilizam. Outra característica importante é a da facilidade de intercalação dos mesmos com textos e páginas da Internet. Desta forma, no ensino ministrado a distância, conteúdos teóricos são apresentados simultaneamente com os ensaios e demonstrações relacionados a estes temas.

Para efeito de análise e avaliação dos simuladores *on-line* via Internet foram executados diversos testes com simuladores programados em JAVA *Script*, uma linguagem vastamente utilizada em *Websites*.

4.2.1 Simuladores de Circuitos Básicos de Eletricidade

O Instituto de Física Médica da Universidade de Messina na Itália utiliza-se de simuladores para o ensino de eletricidade básica. Na figura 24, são representadas as telas dos dispositivos simulados ensaiados.

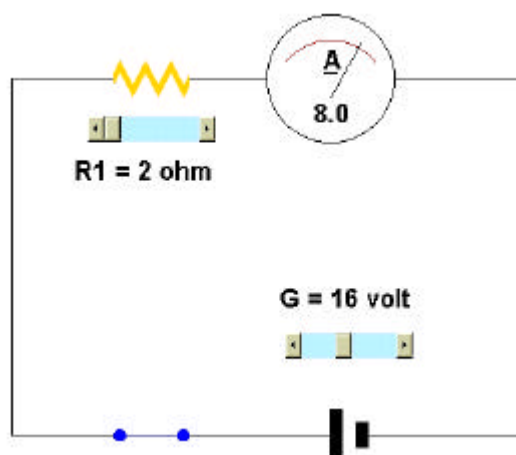
Figura24 : Simulador de Circuito RC



Neste simulador é possível observar-se em movimento uma animação representando a carga e a descarga do capacitor, dependendo da posição da chave estabelecida pelo estudante. Ao mesmo tempo em que as barras azuis e verde demonstram as variações de tensão nos componentes, o gráfico na parte superior é plotado simultaneamente.

Este programa executa o duplo papel de simulação com animação didática, sendo uma ótima opção para inclusão em hipertextos de cursos a distância. Apresenta a desvantagem de possuir componentes de grandezas fixas, permitindo interatividade apenas no interruptor (figura 24).

Figura 25 : Ensaio da Lei de Ohm



No simulador da figura 25 é possível efetuar-se uma simulação básica do efeito da Lei de Ohm envolvendo um amperímetro, uma fonte de tensão, um resistor e uma chave interruptora. Existe interatividade do aluno na atribuição de valores para o nível de tensão, variação do valor resistência e conexão do interruptor.

Figura 26 : Ensaio de resistências em série

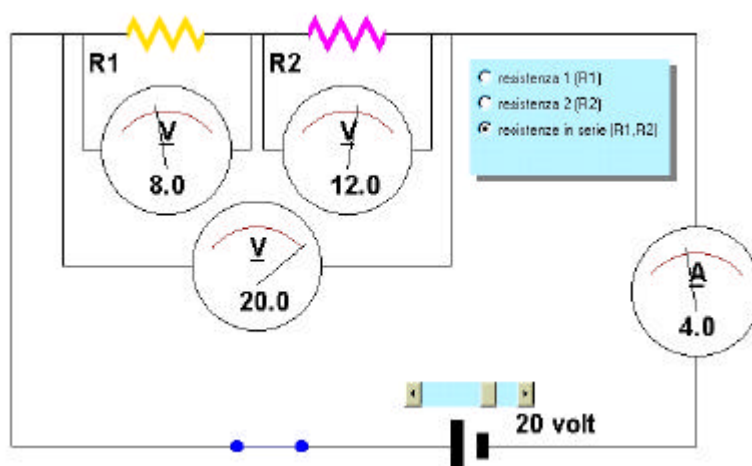
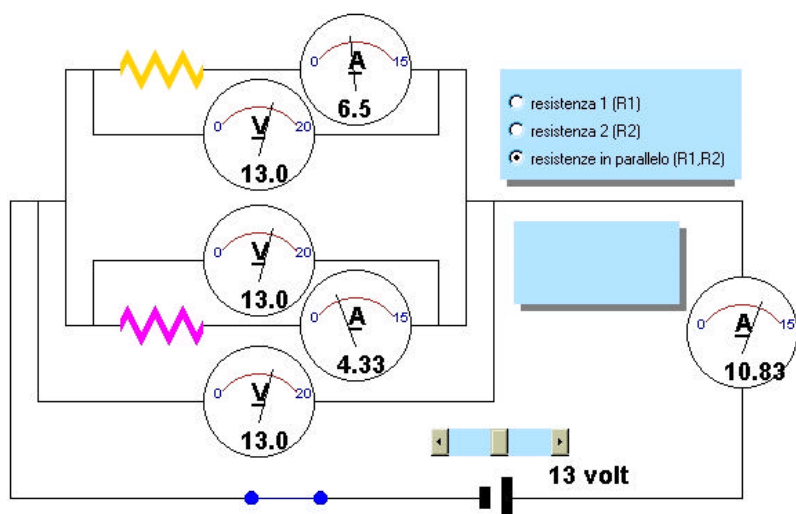
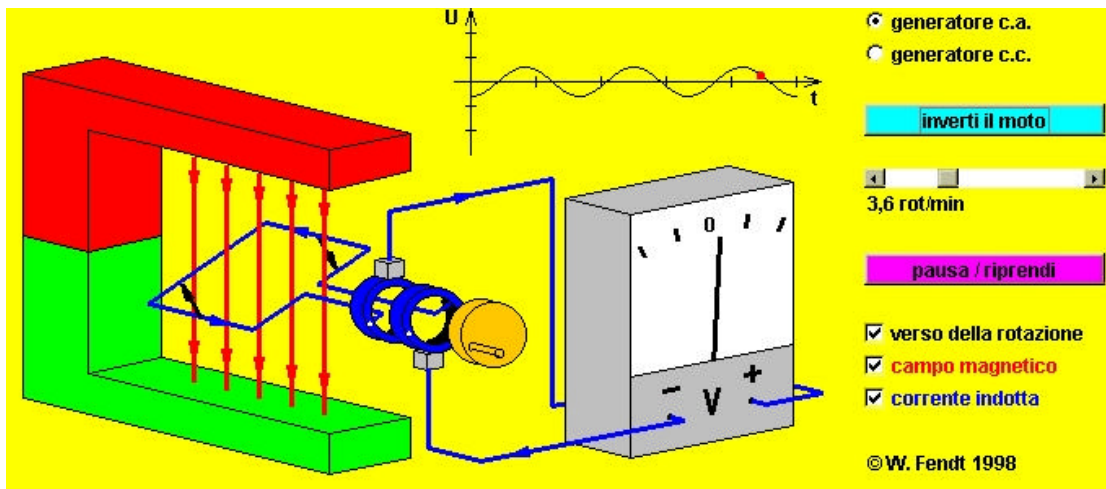


Figura 27 : Ensaio de resistências em paralelo



Nas figuras 26 e 27 são representadas as telas dos simuladores de circuitos com associação de resistores nas configurações série e paralelo. Nestes circuitos pode-se ajustar os valores de tensão e optar-se pelo número de resistores. A cada alteração implementada, os medidores de tensão e de corrente fornecem medidas atualizadas. Este tipo de simulação, apesar de pouca interatividade com o usuário, pode ser aplicado, também, entre textos explicativos como uma demonstração de conceitos e leis e como experimentação básica. Sua principal limitação é a fixação de valores das resistências.

Figura 28 : Ensaio e animação com gerador de corrente alternada e contínua

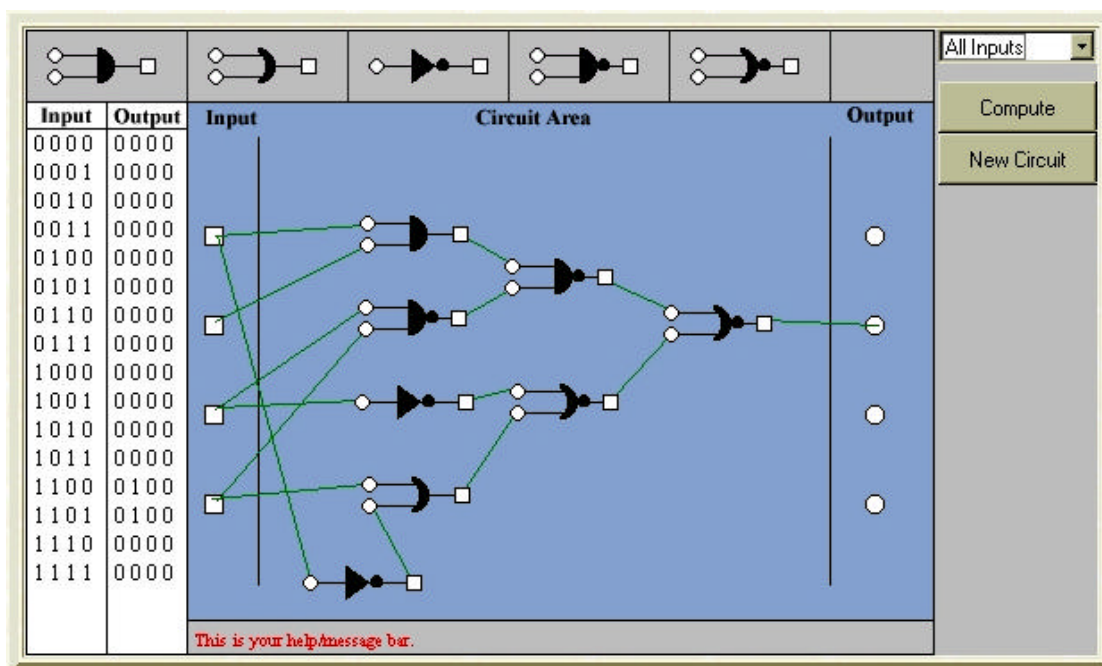


Este simulador (figura 28) permite ao usuário uma visualização clara do fenômeno da conversão de energia mecânica em energia elétrica (geração de corrente alternada e contínua). Através da rotação do eixo, com velocidade e sentido controlados pelo estudante, o medidor de tensão e o gráfico apresentam uma animação da variação da energia gerada, bem como da frequência da corrente AC. Existe a opção de simulação nos formatos de gerador de corrente alternada e de corrente contínua. Para o conteúdo teórico a que se propõe este ensaio, este programa apresenta excelentes condições de substituição de demonstrações e experimentações práticas.

4.2.2 Simuladores de Circuitos Digitais

Apresentam-se a seguir a descrição e avaliação de um simulador de circuitos digitais utilizado no ensino de Engenharia da Universidade John Hopkins nos Estados Unidos. Trata-se de um simulador programado em *JAVA Script* que permite aos estudantes construir circuitos digitais a partir de diversas portas lógicas e analisar os resultados em até quatro saídas a partir de *bytes* aplicados nas quatro entradas (figura 29).

Figura 29 : Ensaio de circuitos com portas lógicas



Neste caso, o estudante tem a liberdade de desenvolver circuitos lógicos digitais com várias portas lógicas da sua escolha e realizar conexões entre as mesmas. Existe a possibilidade de conectarem-se as portas em até quatro entradas e quatro saídas. Ao “pressionar-se” o botão “compute”, uma

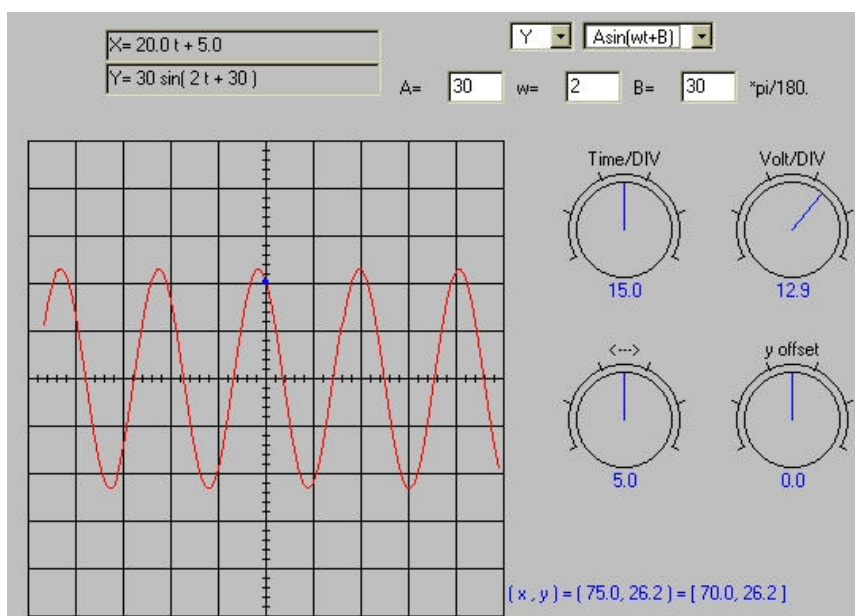
seqüência de *bytes* de 0 a 15 binário é aplicada nas entradas e a tabela da verdade referente ao circuito desenhado é apresentada como resultado.

Trata-se de um aplicativo leve para a Internet com boas características de experimentação com portas lógicas. Sua limitação está no fato de possuir uma pequena área de trabalho e de não ser possível associar-se variáveis às entradas e saídas para comprovação de simplificações de equações de álgebra booleana.

4.2.3 Osciloscópio Básico Simulado

Observa-se, na figura 30, um simulador das funções básicas de um osciloscópio monotraço utilizado na Universidade Rei Juan Carlos, na Espanha, no qual é possível interagir-se com as escalas de Volt por divisão, tempo por divisão, ajuste das posições horizontal e vertical. Existe também a possibilidade de definirem-se os parâmetros da função a ser plotada.

Figura 30: Osciloscópio elementar

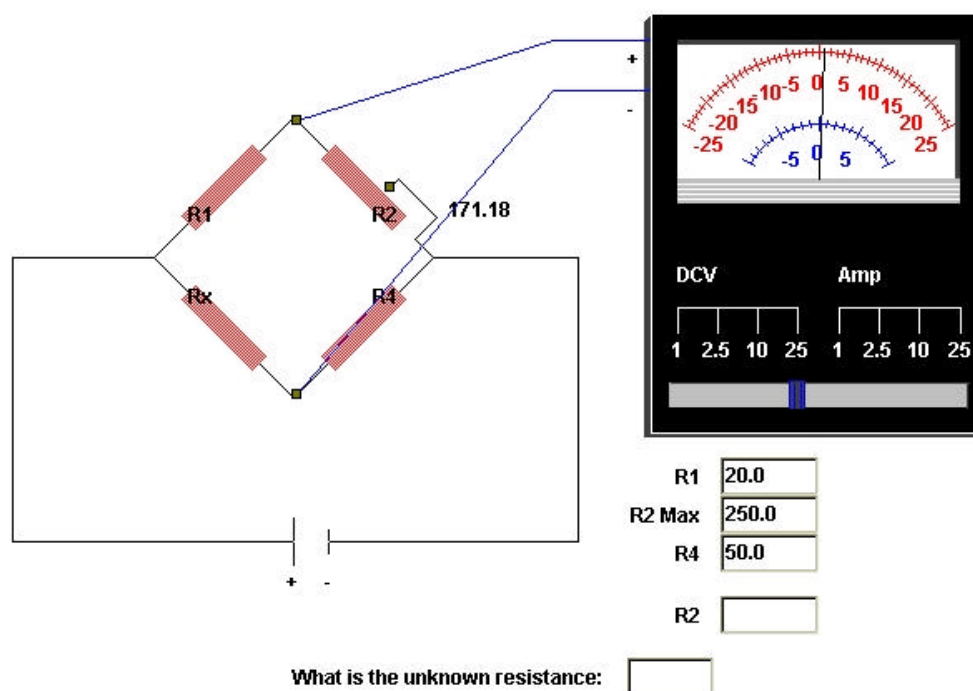


Este simulador apresenta apenas os conceitos básicos de funcionamento de um osciloscópio. Sua aplicação limita-se apenas à introdução do funcionamento deste instrumento. Se as demais funções e ajustes do osciloscópio forem incorporadas, será possível a esta ferramenta o uso em cursos mais completos sobre aplicações gerais e medições com este instrumento.

4.2.4 Simulador de Experimento sobre Ponte de *Wheatstone*

No simulador apresentado na Figura 31, o dispositivo apresentado é fixo, sem a possibilidade de o aluno alterar a disposição dos componentes. Trata-se de um experimento exclusivamente de exploração do funcionamento da Ponte de *Wheatstone* utilizado na Universidade Rei Juan Carlos da Espanha. Os valores de três resistências podem ser alterados. O objetivo principal é o de se obter o valor do resistor desconhecido R_x . Para isto o estudante deverá, além de saber como determinar os valores dos componentes, conectar corretamente os terminais do multímetro simulado nos pontos certos do circuito. Também se faz necessária a opção correta da escala do medidor

Figura 31 : Ensaio com ponte de *Wheatstone* com multímetro ajustável



Esta ferramenta de simulação *on-line* desempenha um excelente papel didático no ensino do tema específico de Ponte de *Wheatstone*, inclusive desafiando o estudante a escolher a escala do medidor e os pontos de teste do circuito mais adequados para se obter o resultado desejado. Este simulador, apesar de não permitir ao estudante a modificação do circuito, ao se tornar um exercício presente num curso a distância, pode substituir demonstrações ou experimentos práticos que complementam as explanações teóricas, considerando a adequação da estratégia pedagógica escolhida.

4.2.5 Simulador de Filtro Ressonante RLC

Nos programas de Ensino a Distância da Universidade de St Andrews na Escócia, alguns dispositivos básicos são simulados *on-line* com programas elaborados em JAVA. Na ferramenta testada abaixo, não existe a visualização nem a possibilidade de alteração da disposição dos componentes, mas todos os parâmetros de entrada e valores dos componentes podem ser alterados. Uma figura com o circuito experimentado é apresentada e um osciloscópio básico simulado representa a forma de onda do sinal senoidal aplicado na entrada do filtro e simultaneamente a forma de saída, já levando-se em consideração a atenuação do filtro dependendo dos componentes escolhidos ou projetados pelo estudante. Existe interatividade com os valores de R_1 , C_1 , L_1 , R_{in} , ajuste fino e normal de frequência do sinal aplicado (figuras 32 e 33).

Figura 32 : Filtro ressonante RLC

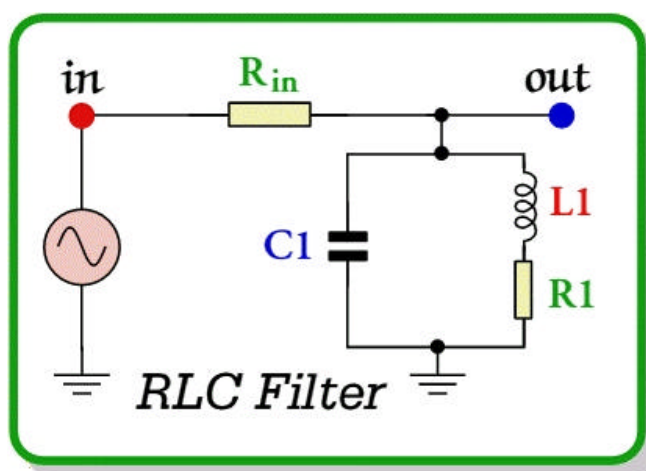
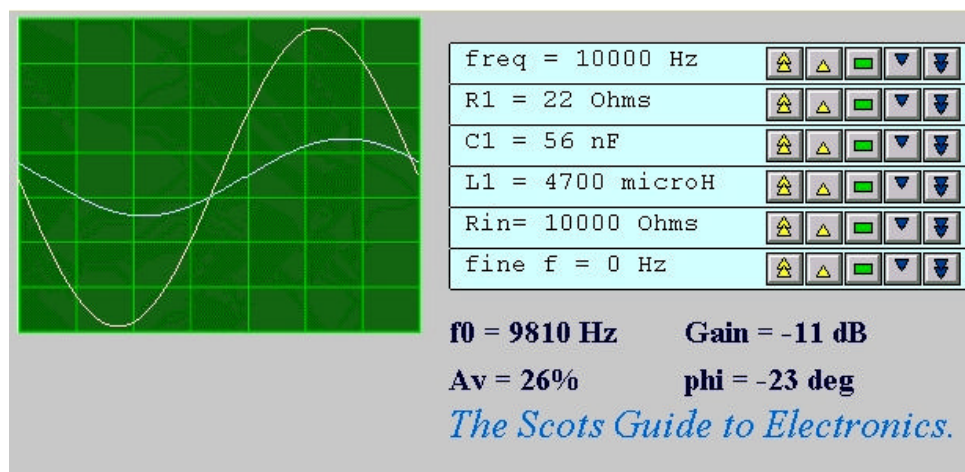


Figura 33 : Ajustes dos componentes e osciloscópio simulado



Esta vem a ser uma aplicação mais teórica de fixação e interpretação de fórmulas relacionadas com filtros. Como no tema tratado o modelo do circuito não muda, esta pode ser uma alternativa de complemento à teoria, mas como forma de demonstração. Sua limitação está no fato de não permitir visualização de curva de resposta e não existirem ajustes de osciloscópio.

4.3 Empregabilidade de Simulador em Experimentos Práticos por Estudantes

A experiência efetuada com os alunos apresentou resultados que proporcionam, num primeiro plano, uma análise da eficácia da ferramenta utilizada nos experimentos específicos planejados. Por se tratarem de experimentos que envolvem o desenvolvimento de habilidades comuns a outros tipos de ensaios tecnológicos, sejam da mesma disciplina ou até

mesmo de outras áreas, a observação e a avaliação dos estudantes permite um amplo estudo conclusivo, mas não genérico.

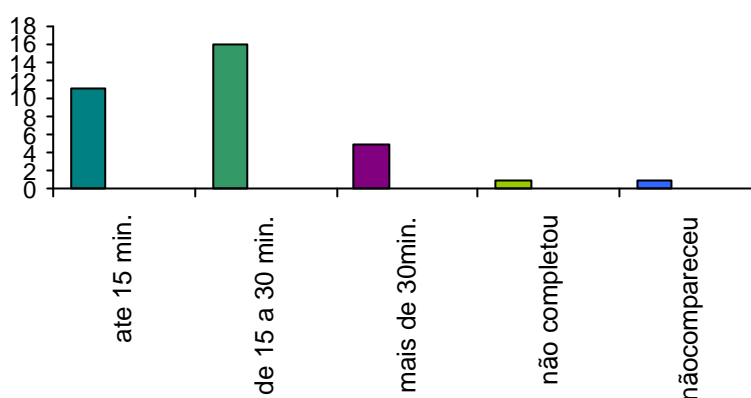
4.3.1 Elaboração de Conexões e Montagem de Circuitos Simulados.

No início das tarefas observou-se que os alunos apresentaram muita facilidade na elaboração das conexões, em virtude da boa interface gráfica do programa EWB. Apenas 3 dos 34 alunos necessitaram de mais de 15 minutos para a montagem da primeira experiência (item 3.5.1)

De uma forma geral, em circuitos mais complexos, observou-se que os alunos com pouca habilidade no uso de microcomputadores apresentaram maior dificuldade para efetuarem as conexões. Neste sentido este *software* apresenta certa dificuldade para quem não possui precisão no manuseio do *mouse*. Na conexão de mais de dois componentes, os alunos não apresentaram segurança quanto à real conexão, sendo necessário ligar-se o dispositivo e certificar-se de que estava funcionando.

Tomou-se como referência a tarefa 2 (item 3.5.1) por esta apresentar um grau mais elevado de complexidade nas conexões, haja vista a quantidade de instrumentos envolvidos. Cronometrou-se o tempo utilizado para a montagem completa do circuito com simulador, incluindo-se a conexão com os instrumentos de medição até obter-se perfeito funcionamento e constatarem-se os resultados quantitativos apresentados na figura 34.

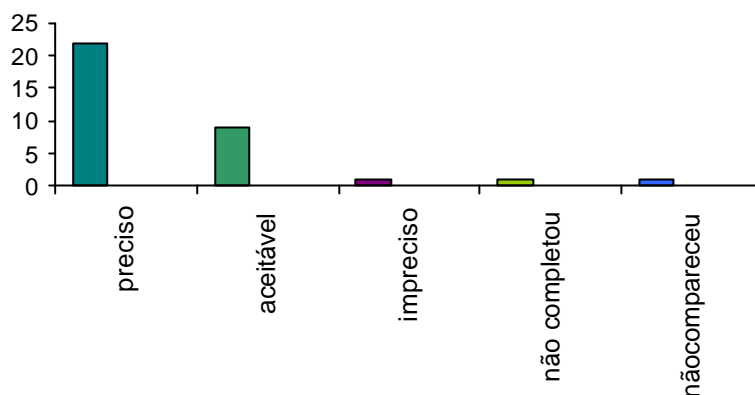
Figura 34: Tempo de montagem do circuito da tarefa 2



Quanto ao aspecto qualitativo dos experimentos realizados, observou-se que os alunos que já haviam experimentado as mesmas tarefas no laboratório com instrumentos reais apresentaram maior facilidade no manuseio dos instrumentos simulados bem como na montagem do dispositivo.

Os alunos que não haviam efetuado nenhum experimento semelhante anteriormente, seja real ou simulado, apesar de uma leve dificuldade inicial até o domínio completo da ferramenta, apresentaram ótimo desempenho, com apresentação de medidas de boa precisão, conforme demonstra a figura 35, tomando-se como referência novamente a tarefa 2.

Figura 35: Precisão dos resultados da tarefa 2



Os alunos com pouco domínio na utilização de *mouse* e menus de aplicativos em informática inicialmente apresentaram maior dificuldade do que os demais. Apenas um aluno não concluiu a tarefa 2 por falta de conhecimento no manuseio de instrumentos de medição eletrônicos. A forma intuitiva de apresentação dos instrumentos e componentes no EWB permitiu que os estudantes com pouca base em conhecimentos de informática acompanhassem de forma satisfatória o desenvolvimento dos experimentos.

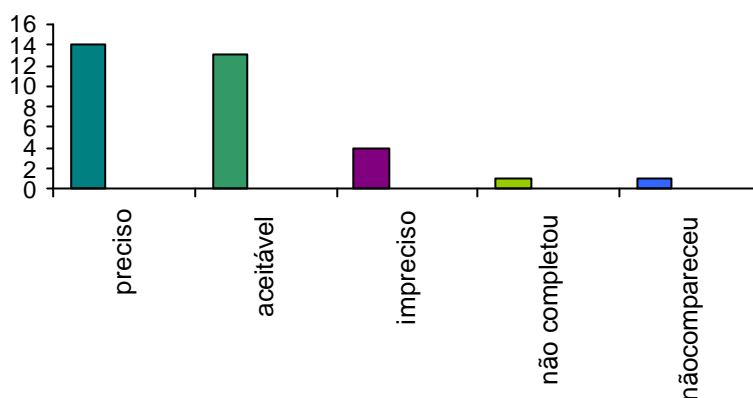
4.3.2 Operação de Instrumentos de Medição, Geradores e Fontes de Alimentação.

Observou-se, nitidamente que os estudantes que haviam mantido contato com os instrumentos de medição e com os experimentos reais desenvolveram as tarefas com muito mais facilidade, chegando a explorar

variações nas medições, aplicações de variáveis de entrada e valores de componentes além dos solicitados no enunciado das tarefas. A facilidade na elaboração de conexões e manuseio de instrumentais simulados, aliada a uma ampla gama de valores de componentes eletrônicos com parâmetros reais ou criados pelo usuário de simuladores proporcionam ao projetista ou ao estudante maior exploração e aprofundamento dos fenômenos tecnológicos e científicos envolvidos com o dispositivo experimentado, implicando como consequência natural um aprimoramento no processo cognitivo. Faz-se necessária a elaboração de um roteiro baseado numa estratégia/metodologia apropriada ao ensino a distância bem como um acompanhamento presencial ou remoto de um orientador.

Apresenta-se a seguir uma análise do manuseio do osciloscópio na tarefa 1 por ser esta a que exige maior domínio do instrumento, haja vista que para se obter a figura de Lissajous necessita-se de uma operação irregular do instrumento, com o desligamento da varredura horizontal e a aplicação de sinais elétricos em dois canais. Com a observação deste experimento, foi possível obterem-se resultados quanto à viabilidade da substituição do instrumento real pelo simulado, bem como a possibilidade de experimentação remota sem um tutor. Na figura 36, é apresentada a análise da precisão dos resultados, considerando-se as formas de onda apresentadas no ato do experimento e a avaliação da tarefa através de relatório dos alunos.

Figura 36: Precisão dos resultados da tarefa 1



Observou-se nos alunos das duas turmas maior dificuldade no manuseio do osciloscópio especificamente nesta tarefa, onde propositadamente nenhum tipo de instrução prévia, no aspecto operacional, foi apresentada, apenas bases teóricas sobre os experimentos e sobre o simulador foram esclarecidas. A imprecisão dos resultados apresentados não aconteceu pelo fato de o instrumento ser simulado, mas sim por falta de orientação prévia. Com a aplicação de instrumentos reais observou-se resultado similar.

No que diz respeito à viabilidade da utilização do osciloscópio simulado, observou-se pouca dificuldade no seu manuseio. Existem características específicas dos *softwares* de simulação que não se encontram necessariamente em instrumentos reais que devem ser alertadas aos estudantes antecipadamente. Um exemplo para o EWB é a necessidade de aterramento do osciloscópio mesmo que haja conexão direta do terminal de terra ao dispositivo. Fica nítida a necessidade de fornecimento de manuais de operação dos simuladores aos usuários, principalmente destacando-se a diferença com relação aos instrumentos reais. Com o aprimoramento dos

programas desta natureza no sentido de aproximação da realidade, esta necessidade pode ser minimizada.

No quadro 5 observa-se a necessidade de instrução detalhada aos alunos a respeito do correto manuseio dos instrumentos simulados e/ou de alguma forma de orientação remota, mesmo sendo disponibilizadas mensagens e menus de ajuda no programa utilizado. É apresentada igualmente a intensidade das solicitações de orientação por parte dos alunos ao professor, neste caso presente, ao longo da execução da tarefa 1.

Quadro 5: Principais questionamentos dos alunos com relação à execução da tarefa 1

QUESTIONAMENTOS	NÚMERO DE SOLICITAÇÕES
Teoria sobre o experimento	12
Osciloscópio genérico	18
Osciloscópio simulado	22
Conexão de componentes	8
Parametrização dos componentes	5
Informática básica	3
Outras funções do simulador	5

4.3.3 Medidas de Grandezas Eletro-Eletrônicas e Obtenção de Formas de Onda

As medidas simuladas de intensidade de corrente e de tensão elétrica, bem como as formas de onda destas grandezas nos diversos pontos dos circuitos experimentados, obtidas ao longo dos diversos experimentos

efetuados, mostraram-se parcialmente próximas das reais. Por se tratar de simulação, os resultados obtidos são muito próximos dos resultados calculados, ou seja, esperados teoricamente.

Nas medidas de resistência, por exemplo, o resultado sempre é, no caso do *software* EWB na versão utilizada, o valor nominal do resistor ou da associação de resistores, sem considerar a interferência de fenômenos externos como a variação de temperatura.

Na obtenção das formas de onda nos experimentos reais, nas medidas de baixos níveis de sinal, ocorrem interferências de ondas eletromagnéticas provenientes de rádio transmissores ou da própria rede elétrica. Nas tarefas propostas, ao simular-se a análise de sinais elétricos com o auxílio do osciloscópio virtual, os estudantes não foram submetidos a estas situações reais, facilidade mencionada pelos próprios estudantes que efetuaram os experimentos reais antecipadamente.

No quadro 6, é apresentada uma comparação entre os resultados obtidos com experimentos reais e simulados, levando-se em consideração o aspecto técnico e didático. Na coluna “substituição” comenta-se a possibilidade de substituição ou não do experimento real pelo simulado em programas ministrados a distância. Quando a observação for “adequada com orientação”, significa que existe a necessidade de um tratamento tutorial por escrito ou preferencialmente por vídeo, com demonstrações em instrumentos reais.

Quadro 6: Comparação entre resultados de experimentos reais e simulados –
aspecto técnico e didático

	Experimentos reais	Experimentos simulados	Substituição
Medição de Corrente	variáveis externas	sem variáveis externas	adequada com orientação
Medição de Tensão	variáveis externas	sem variáveis externas	adequada com orientação
Medição de Resistência	variáveis externas	valor nominal	inadequada
Geração de Sinais Elétricos	variedade de sinais estáveis	variedade de sinais estáveis	adequada
Forma de onda de Tensão	interferências eletromag.	sem interferências	adequada com orientação
Medição de frequência	imprecisa com osciloscópio	precisa com osciloscópio	adequada
Observação de 2 canais	precisa com osciloscópio	precisa com osciloscópio	adequada
Lissajous	precisa com osciloscópio	imagens sobrepostas	adequada com orientações
Funcionamento de Circ. Digitais	preciso	preciso	adequado

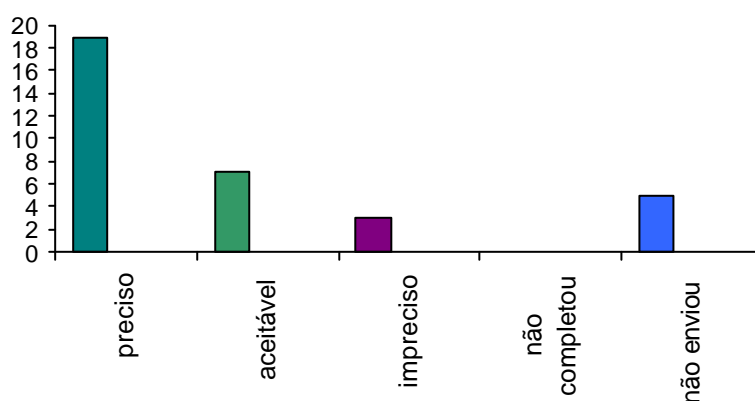
4.3.4 Ensaios sem a Presença do Professor

Conforme mencionado no capítulo anterior, as tarefas 4 e 5 foram efetuadas totalmente sem a presença do professor com o intuito de se testar o desempenho dos estudantes numa situação semelhante à que estariam submetidos se fizessem parte de um programa de ensino a distância. A troca de resultados e comentários entre alunos e professor ocorreu por disquetes e *e-mail*. Especificamente nestas duas tarefas, os alunos não efetuaram experimentos reais.

Para esta forma de estudo remoto, o EWB demonstrou-se muito adequado pelo fato de permitir a gravação de dispositivos eletrônicos simulados em arquivos leves (inferiores a 100Kbytes), além da possibilidade de edição de comentários no próprio arquivo, facilitando a comunicação Professor-aluno.

Na figura 37, apresenta-se o desempenho dos estudantes ao executarem a tarefa 4 a distância, mas com grande interatividade com o Professor através da Internet (21 alunos) e alguns casos por disquete (8 alunos); 5 alunos não efetuaram a tarefa. O período de realização desta tarefa foi de dez dias.

Figura 37: Precisão dos resultados da tarefa 4 (à distância)



Observou-se um excelente desempenho dos estudantes. Nesta análise levou-se em consideração apenas a elaboração e o funcionamento dos dispositivos propostos na tarefa e não a precisão dos projetos. Os cálculos dos filtros foram avaliados separadamente. Deve-se considerar também o fato de que, por estarem sem a supervisão do professor presencialmente, podem ter ocorrido cópias ou sinergia entre os mesmos. Além disto, os alunos já haviam recebido orientações pessoalmente. Mesmo assim, por se tratar da aplicação de um instrumento não utilizado nas tarefas presenciais, o *Bode Plotter*, a análise do desempenho dos estudantes a distância contribui para as conclusões desta pesquisa.

No quadro 7, demonstra-se a interatividade ocorrida entre o professor e os 21 alunos que utilizaram a Internet ao longo dos dez dias de execução desta tarefa.

Quadro 7: Questionamentos a distância

QUESTIONAMENTOS	NÚMERO DE SOLICITAÇÕES
Teoria sobre o experimento	11
<i>Bode Plotter</i> simulado	8
Osciloscópio simulado	2
Amplificador Operacional simulado	5
Defeitos de funcionamento	9
Outras funções do simulador	2

4.3.5 Comparação do Desempenho entre as duas Turmas

Analisando-se os resultados dos experimentos de todos os alunos, envolvendo todas as tarefas propostas, observou-se nos alunos da turma que foi submetida a experimentos reais antecipadamente, maior habilidade e facilidade no manuseio do osciloscópio duplo-traço virtual, principalmente nas tarefas 1 e 2 em que o domínio deste instrumento foi mais necessário. Notaram-se nitidamente as associações e analogias feitas pelos estudantes entre os equipamentos reais já conhecidos por eles e os virtuais. Nos instrumentos mais básicos, como multímetro e geradores de função, não foram observadas diferenças relevantes.

No que diz respeito às conexões entre componentes, fontes, geradores e instrumentais, notou-se claramente uma maior cautela na escolha dos componentes com parâmetros adequados e maior respeito aos limites dos mesmos. Alguns acidentes comuns no desenvolvimento de experimentos, tais como queima de componentes por curto-circuito ou excesso de corrente elétrica, inversões de terminais, queima de fusíveis de medidores, etc., despertaram nos estudantes maior responsabilidade. Nos experimentos simulados existem os limites pré-programados ou não, mas acidentes como os citados não causam prejuízos relevantes.

Na turma em que as simulações ocorreram antecipadamente aos experimentos reais, observou-se que os alunos depararam-se com algumas situações nas quais surgiram variáveis inexistentes no ambiente virtual. Por

exemplo, ao trabalharem em frequências mais elevadas ou sinais de níveis de tensão mais baixos, a interferência de induções externas alterava as medições. As diferenças encontradas entre os resultados calculados e os medidos foram maiores do que nas mesmas situações em ambiente simulado. Este resultado reforçou a necessidade da elaboração de textos explicativos ou vídeos demonstrativos para serem utilizados nos programas a distância em que não haverá contato com laboratórios reais.

4.4 Avaliação dos Laboratórios Remotos

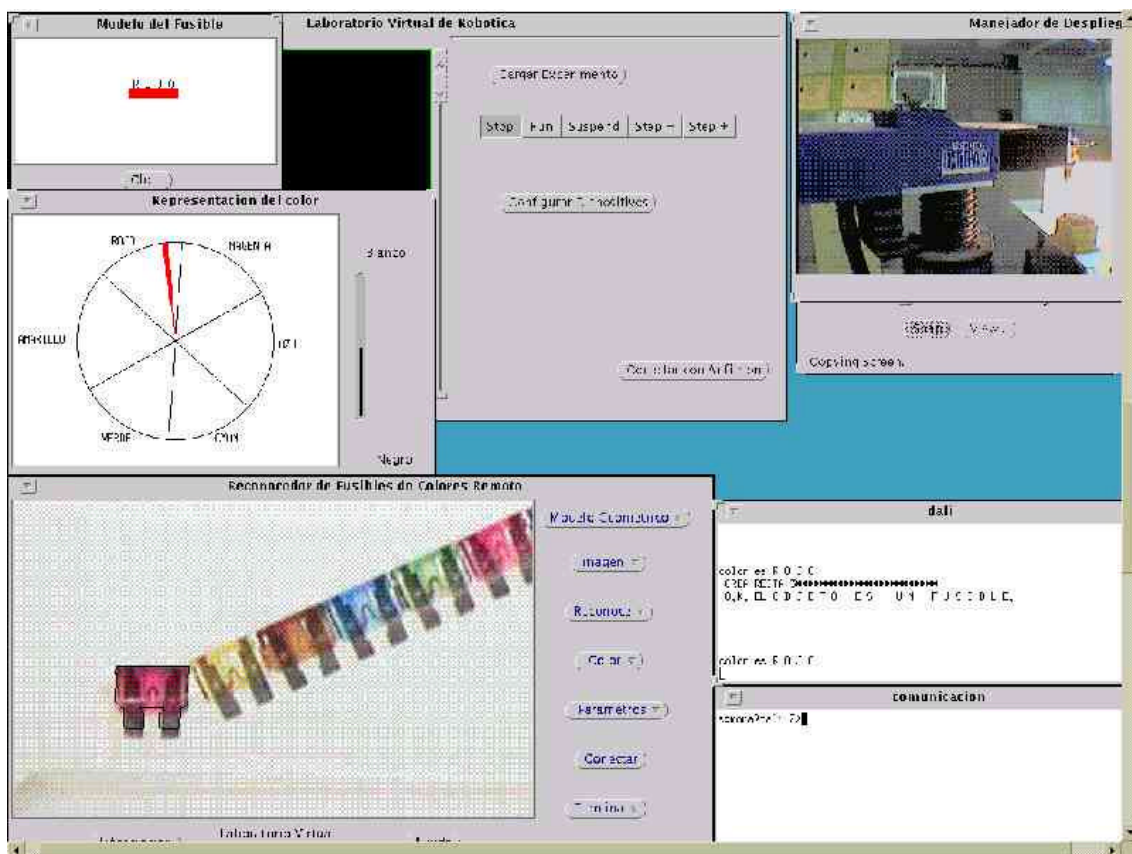
Para obter-se uma avaliação do estado de desenvolvimento e viabilidade de aplicação prática de laboratórios remotos no ensino tecnológico a distância, dois laboratórios construídos sob o conceito de telecomando de equipamentos eletrônicos via Internet, foram testados. Um laboratório utilizado no ensino de automação e outro de Eletricidade/Eletrônica básica e Física.

4.4.1 Laboratório Remoto de Automação

O Instituto Tecnológico de Monterrey – ITESM, no México, está desenvolvendo um laboratório de automação contendo elementos eletromecânicos telecomandados via Internet com a finalidade de permitir aos estudantes de outras cidades do país ou do mundo efetuarem experimentos.

O estado atual de desenvolvimento permite que sejam enviados comandos de controle de um braço robotizado que possui sistemas de reconhecimento de imagens. Na figura 38, representa-se a tela de interface com o usuário contendo imagem gerada por câmera que proporciona imagens em tempo real.

Figura 38: Laboratório Remoto de Automação (ITESM) – Experimento com braço robotizado



Este laboratório em desenvolvimento demonstra ser uma das principais alternativas para ensino a distância de conteúdos cuja experimentação prática

exige a utilização de equipamentos dispendiosos. Além de programas de ensino totalmente a distância, esta vem a ser uma alternativa para instituições de ensino que possuem mais de uma unidade com oferta dos mesmos conteúdos.

Uma das principais limitações da aplicação desta tecnologia ainda é a velocidade de tráfego de dados via Internet bem como de imagens em tempo real geradas por câmeras remotas. Muito embora os comandos de controle não exijam bandas largas de comunicação, a transmissão de vídeo, além de exigir banda larga, não representa os movimentos instantaneamente.

4.4.2 Laboratório Remoto de Eletricidade/Eletrônica Básica

Este laboratório, em desenvolvimento na Florida Atlantic University (FAU) nos Estados Unidos, apresenta a possibilidade de experimentação telecontrolada de conteúdos de Eletricidade básica, Física e Química. O ensaio efetuado foi o de eletricidade, no qual diferentes níveis de intensidade de corrente elétrica são aplicados a resistências, gerando diferenças de potencial variáveis. Neste laboratório, por se tratar de experimentos reais controlados remotamente pela Internet, o instrumento de medição e fonte de corrente e tensão é conectado via interface apropriada a um microcomputador. Através de uma câmera de vídeo, também conectada à Internet, é possível visualizarem-se as conexões do experimento, o instrumento de medição e a fonte de alimentação, assim como seus *displays* digitais onde as variáveis de

entrada e saída do ensaio são exibidas. Remotamente o usuário possui acesso aos controles de movimentos da câmera e do zoom, ajustando assim a aproximação da imagem do experimento ou dos instrumentos.

Nas figuras 39, 40 e 41, representam-se as telas de interface com o estudante, quando há a escolha de experimento, variáveis, controle da câmera e até mesmo o acendimento de uma luz auxiliar.

Figura 39 : Laboratório Remoto (FAU) – Tela de acesso aos experimentos

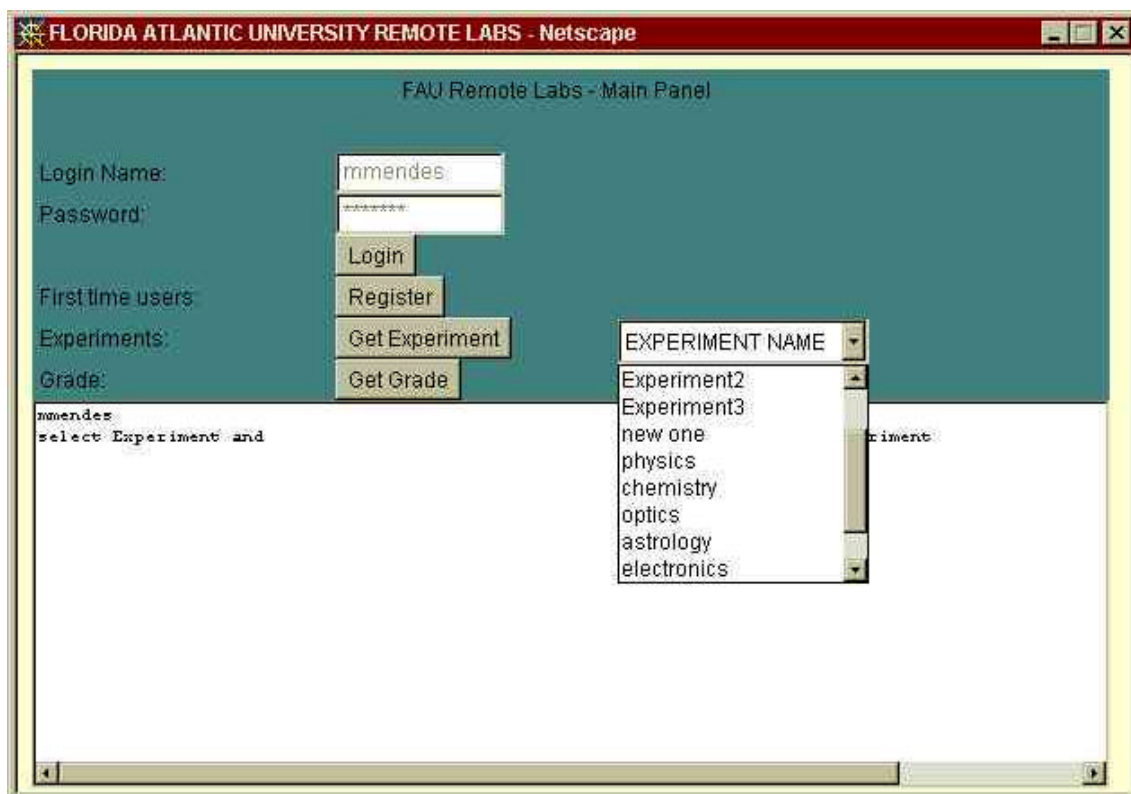
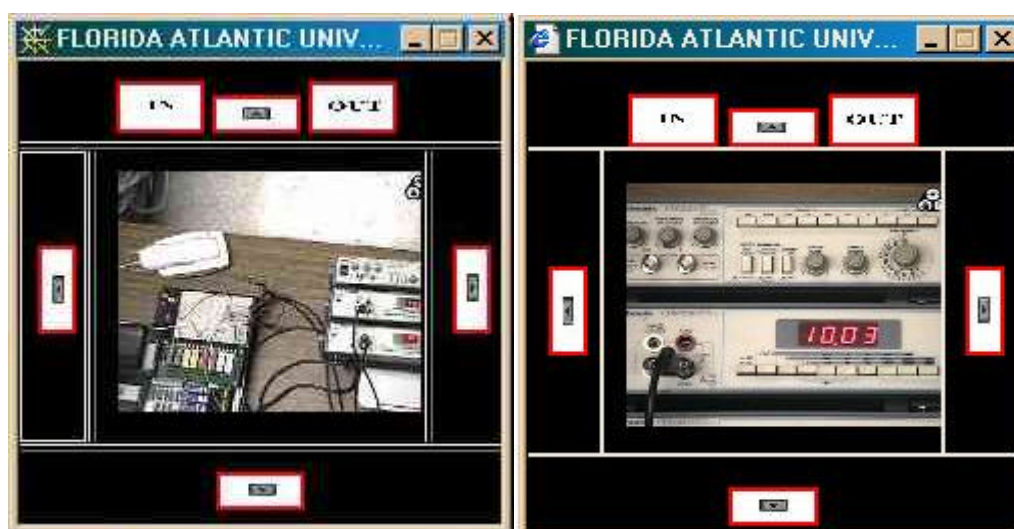


Figura 40: Laboratório Remoto(FAU) – Tela de entrada de dados e controles



Figura 41 : Laboratório Remoto (FAU) – Imagens ao vivo e controles da câmera



Este laboratório remoto apresenta grandes vantagens com relação aos simuladores *on-line* e *off-line*. Os estudantes efetuam experimentos com a utilização de componentes e instrumentos reais. Além disto, os controles da câmera proporcionam imagens detalhadas, tanto do experimento quanto dos equipamentos em tempo real.

As medidas podem variar de acordo com as condições ambientais e com as características dos componentes utilizados, tais como fabricante, tolerância, etc. Neste caso, o estudante deve levar em consideração variáveis reais, inclusive a eventual imprecisão das medidas dos instrumentos, como aconteceria em um experimento real presencial.

Naturalmente, por se tratar de um estágio inicial de uma pesquisa, este laboratório apresenta limitações de uso, como a impossibilidade de se efetuarem conexões entre os componentes remotamente, mas o projeto, após implementado completamente, permitirá ligações a distância com o auxílio de equipamentos de prototipagem rápida, cuja tecnologia já é conhecida e utilizada em projeto e desenvolvimento de dispositivos eletrônicos.

4.5 Avaliação da Metodologia Adotada

A metodologia de pesquisa de característica exploratória e qualitativa de análise e dedução a partir dos resultados, tanto da avaliação dos experimentos com alunos como da avaliação da aplicação das ferramentas isoladamente, proporcionou resultados conclusivos que permitem o embasamento para o

desenvolvimento de ferramentas, metodologias e modelos de cursos de ensino tecnológico a distância.

Muito embora tenha sido escolhido um ambiente de pesquisa aparentemente controlado, por terem sido selecionadas turmas regulares do curso de graduação em Tecnologia Eletrônica onde o perfil esperado dos estudantes deveria ser relativamente homogêneo, houve limitações com relação aos conteúdos abordados em função do sincronismo inadequado entre as aulas teóricas de uma das turmas e as aulas experimentais. Como consequência, em uma das turmas, foi necessário maior reforço de conceitos teóricos, acarretando em menos tempo para realização dos experimentos do que a outra.

Outro fator de interferência nos resultados da pesquisa foi a heterogeneidade de ambas as turmas no que diz respeito aos conhecimentos e formação prévia dos estudantes envolvidos. Oito dos trinta e quatro alunos já possuíam formação técnica e seis já possuíam domínio absoluto do *software* EWB.

5 CONCLUSÕES

A simulação por computador, nas diversas áreas do conhecimento, permite ao estudante e aos pesquisadores a “exploração de modelos mais complexos e em maior número do que se estivesse reduzido aos recursos de sua imagística mental e de sua memória de curto prazo” (Lévy, 1.993). Pode-se afirmar que, em certas situações, a simulação por computador pode atingir efeitos cognitivos superiores aos obtidos nas experiências práticas reais.

As ferramentas de simulação via Internet existentes no momento, apesar de estarem em estado inicial de desenvolvimento, já proporcionam efeitos cognitivos relevantes de aplicação tanto no ensino a distância como no apoio a programas de estudos presenciais. A intercalação dos simuladores, mesmo de funções restritas, com os conteúdos teóricos, aprimora e enriquece as representações mentais dos estudantes. Desta forma, implementa-se uma aprendizagem por instrução, alternada com uma aprendizagem por descoberta. Pode-se comparar aos “livros mágicos” nos quais, por um simples toque, imagens ou situações são representadas holograficamente, virtualmente.

Naturalmente, por estarem em seu estado primitivo, os simuladores *on-line* apresentam algumas deficiências observadas ao longo desta pesquisa que aqui são relatadas para embasamento do desenvolvimento de futuros trabalhos. Alguns programas simuladores funcionam apenas como uma planilha de cálculo sem apresentação de imagens ou animações, distanciando-se das experiências reais e dificultando a compreensão dos alunos, pois a

visão é a principal fonte responsável pela aquisição de conhecimentos nos seres humanos (Fialho,2.001). Os simuladores, na realidade, não passam de dispositivos de cálculos a partir de fórmulas teóricas, o que para muitos pode distanciá-los da experimentação prática. Entretanto, com o auxílio da visualização dos fenômenos, por representação de gráficos animados ou pela animação de imagens de engrenagens, instrumentos ou outros elementos físicos, estas ferramentas virtuais não podem ser descartadas. Suas aplicações limitam-se à experimentação de conceitos e fenômenos tecnológicos elementares, porém fundamentais. Podemos afirmar que um novo elemento de interatividade no ensino, além da multimídia tradicional, está se consolidando.

Mesmo os simuladores mais simples, que proporcionam alterações de variáveis, desde que não efetuem apenas animações demonstrativas, tornam-se complementos importantes ao processo de cognição. O exercício de conteúdos teóricos em programas de simulação induz os estudantes à inferências tanto epistêmicas (construção de interpretações/compreensão) quanto pragmáticas (objetivando ações). Para serem motivados a dominarem conteúdos e habilidades, os estudantes necessitam enxergar a conexão daquilo que estão aprendendo para o resto de suas vidas com os modelos mentais de que já fazem uso (Dede,1.996).

O acesso remoto via meios eletrônicos a bancos de informações, a utilização de ferramentas de visualização e de demonstrações e a possibilidade de se efetuarem simulações locais ou a distância proporcionam uma expansão das percepções humanas, permitindo o reconhecimento de inter-relações e

fundamentos tácitos que, de outras maneiras, estariam perdidos em universos de letras e números.

O que se propõe a partir do estado atual de desenvolvimento das ferramentas de simulação e da realidade brasileira é uma perfeita dosagem do que é possível e do que ainda não é possível de se tráfegar pela Internet e se trabalhar remotamente em programas de ensino a distância. A estratégia de dosagem deve envolver o planejamento de percentuais adequados à realidade do momento, mas sem nos esquecermos de que a tecnologia avança em progressão geométrica. Ao mesmo tempo em que aplicamos os recursos tecnológicos atualmente viáveis, devemos estar desenvolvendo novas ferramentas baseadas em prospecções sobre as tendências tecnológicas.

Os programas de ensino a distância, mais especificamente na área de Eletro/Eletrônica, mesmo com o incremento na velocidade de comunicação de dados e o aprimoramento das ferramentas de simulação e laboratórios remotos, devem ser planejados envolvendo-se: demonstrações via vídeo-conferência ou vídeo, simulações *on-line*, simulações *off-line* e, dentro do possível, experimentos com instrumentos reais, logicamente numa quantidade muito menor do que em programas presenciais. A distância dos alunos dos laboratórios reais deve ser compensada por textos e apresentações em vídeo, de forma que obtenham, através de simuladores, as habilidades esperadas.

Comparando-se o desempenho de estudantes em experimentos reais e com a utilização de simuladores, observa-se que a simulação facilita a exploração de diversas situações que, na prática, não seriam analisadas por questões de custos, desperdícios ou riscos. As conexões de componentes na

montagem de experimentos são muito mais simplificadas quando feitas com ferramentas virtuais. Existe uma tendência de os alunos trabalharem de forma empírica, sem um planejamento e cuidados prévios, pois caso haja algum dimensionamento ou montagem incorreta, eles receberão no máximo uma mensagem de erro. Isto acarreta, nos alunos, uma falsa sensação de domínio de certas habilidades, o que deve ser devidamente corrigido através de orientação dos professores. Situações como a inversão da polaridade de um capacitor eletrolítico, por exemplo, na prática podem acarretar explosão do componente, enquanto numa simulação, ocorrerá apenas uma mensagem de erro ou simplesmente o dispositivo ensaiado não funcionará. As limitações dos experimentos simulados, comparados com os experimentos reais, devem ser salientadas pelos tutores do processo ensino-aprendizagem de forma a minimizar a tendência de acomodação do estudante diante das facilidades e ausência de riscos e custos do ambiente virtual.

O estado atual do desenvolvimento dos *softwares* de simulação aliado à banda estreita da Internet, ainda preponderante no Brasil, implicam o uso de programas de experimentação prática no ensino a distância alternadamente às demonstrações iniciais presenciais ou por videoconferência e tutoriais remotos com o auxílio de simuladores. Através da análise do desempenho dos estudantes que tiveram a oportunidade de manter contato com os instrumentos de medição antecipadamente observou-se, nesta pesquisa, o melhor aproveitamento dos ensaios simulados. Ficou claro, nestes alunos, que houve uma nítida associação entre os instrumentos e componentes virtuais com os reais já apresentados previamente, criando-se um senso de responsabilidade e

profissionalismo maior. Naturalmente, esta conclusão não descarta a possibilidade de substituição dos equipamentos reais por simulados, apenas salienta a validade e a necessidade de um contato prévio dos estudantes com os equipamentos reais para efeito de associações futuras com as situações simuladas.

No sentido inverso, ou seja, analisando-se o efeito do aprendizado prévio com simuladores em situações práticas nos laboratórios reais, destaca-se ainda mais a necessidade de explicações escritas ou demonstrativas com imagem sobre as interferências das variáveis reais não encontradas ao longo das simulações, evitando assim a formação de profissionais despreparados para atuação nas diversas situações a que podem vir a ser submetidos em seus trabalhos futuros.

Pela análise dos simuladores existentes, conclui-se que as melhores opções para aplicação destas ferramentas no ensino remoto são as dos programas que apresentam laboratórios completos, incluindo os instrumentos de geração de energia, de geração de sinais e de medição, além de uma ampla biblioteca de componentes como, por exemplo, o TINA e o EWB. Alguns simuladores que apresentam características multidisciplinares como o *Crocodile Physics*, desde que em versões com bibliotecas mais amplas, proporcionam um complemento importante na experimentação de conteúdos de bases científicas complementares aos estudos principais, lembrando-se que os cursos de graduação em nível superior não são apenas constituídos de conteúdos programáticos de base específica (tecnológica).

A utilização de *softwares* de trabalho *off-line* (local) tem um papel relevante nos cursos remotos. A organização de centros remotos contendo laboratórios de Informática nos quais estas ferramentas estejam instaladas proporciona às instituições mantenedoras dos programas de ensino uma redução considerável de custos em virtude da minimização de gastos com equipamentos reais e com a aquisição de programas de computadores, uma vez que não se faz necessária a aquisição de cópias individuais aos estudantes. Além do fator econômico, os simuladores *off-line* proporcionam uma ampla riqueza de recursos aos experimentos, tornando-os muito mais próximos dos ensaios reais. Alguns instrumentos de medição virtuais existentes nos *softwares* aqui apresentados são inacessíveis financeiramente em grande quantidade, como por exemplo o *Bode Plotter*, *Network Analyzer* e osciloscópios multicanais digitais.

À medida em que a velocidade de acesso na Internet for incrementada e disponibilizada aos estudantes brasileiros, *softwares on-line* de maior porte e maiores recursos podem ser disponibilizados via *Web*. Os laboratórios remotos, atualmente em estado primitivo, tornar-se-ão mais viáveis do que no momento. Temos aí uma tecnologia que necessita e merece aprimoramentos, pois ao contrário dos experimentos simulados, a experimentação com laboratórios remotos não apresenta resultados provenientes de cálculos teóricos com apresentação gráfica imitando fenômenos naturais. Não se trata de ilusão próxima da realidade, trata-se de experimentação real mas remota, telecontrolada.

Considera-se esta a situação ideal, na qual estudantes, sem a necessidade de estarem presentes em laboratórios específicos ou sem que seja necessária a instalação de programas, executam experimentos completos até mesmo a partir de seus lares. As tecnologias emergentes de realidade virtual e de visualização em terceira dimensão apontam para uma aplicação em laboratórios de ensino totalmente virtuais com uma eficácia que se supõe maior do que a simples simulação, desde que a acessibilidade seja incrementada e os custos dos acessórios relacionados com estas tecnologias tornem-se mais acessíveis.

Dentro do contexto atual, a utilização devidamente planejada dos recursos existentes nas três formas de simulação (*on-line*, *off-line* e laboratórios remotos) é recomendada, superando-se assim as deficiências individuais de cada uma destas ferramentas. Todas elas ainda apresentam em algumas situações uma grande distância da realidade.

Ainda levando-se em consideração as limitações das ferramentas existentes, recomenda-se que não aconteça nos planejamentos de programas de ensino prático a substituição de todas as experiências por situações simuladas, devendo-se selecionar criteriosamente quais são os experimentos que são propostos com a finalidade principal de fixação ou por comprovação/consolidação de projetos e quais são propostos para que o estudante adquira experiência prática com situações de instabilidade ou de interferência de variáveis externas não controláveis. Neste último caso, recomenda-se o experimento real ou no máximo demonstrações via vídeo, com

comentários salientando a diferença entre as situações teóricas ou simuladas eventualmente exploradas e as reais.

Algumas limitações podem ser corrigidas em novas versões dos programas de simulação a serem desenvolvidos com a finalidade de aplicação no ensino a distância:

- ao se trabalhar com Rádio Freqüência (RF), por exemplo, as fugas em componentes e fiações, bem como as instabilidades e interferências nas medições não acontecem em simulações.
- Situações aleatórias como interferências do meio externo, como temperatura e umidade, devem ser implementadas nos programas aqui estudados. Para o ensino mais elementar dos conteúdos de Eletricidade e Eletrônica, faz-se necessária a visualização dos componentes em sua forma real através de imagens digitalizadas, como acontece no programa *Crocodile Physics* de forma limitada. Somente após os estudantes terem mantido contato com as formas dos componentes reais pode-se trabalhar com ferramentas que permitem apenas representações simbólicas dos componentes.
- Os painéis dos instrumentos virtuais devem seguir modelos mais fiéis aos reais, proporcionando aos usuários uma maior associação com a realidade.
- Os simuladores *on-line* devem seguir a tendência dos programas *off-line* já existentes com o incremento gradativo de recursos à medida em que o fluxo de informações via Internet vai sendo aprimorado, pois no estado atual

de seu desenvolvimento, apenas dispositivos básicos e compostos de componentes limitados podem ser experimentados.

- Os simuladores *on-line* necessitam de aprimoramento no sentido de se permitir uma interatividade entre aluno e professor com os resultados obtidos, na mesma forma como ocorre em alguns dispositivos *off-line*.

A interatividade e monitoramento remotos entre os alunos e docentes do programa de graduação a distância são facilitados pelos recursos existentes em ferramentas de simulação como o EWB e TINA. Os arquivos referentes a circuitos e ensaios são de fácil transporte via Internet. Tanto os dispositivos projetados e experimentados pelos alunos como os pré-elaborados pelos professores podem trafegar em ambos os sentidos incluindo-se textos, comentários, correções de conceito e conexões dentro dos próprios arquivos. Esta facilidade não é encontrada nos simuladores *on-line* existentes no momento. Nos laboratórios remotos, à medida em que estes vão sendo aprimorados, o monitoramento remoto, com a possibilidade de avaliação do desempenho dos estudantes nas tarefas práticas por parte do professor, deve ser desenvolvido. Uma espécie de *log*, ou registro eletrônico dos passos seguidos ao longo dos experimentos, caso registrado, fornecerá dados importantíssimos a respeito da eficácia do experimento programado.

Os experimentos práticos, em geral, implicam maior número de explicações a respeito do funcionamento de dispositivos, operação de instrumentos e formas de medições. Os recursos de interatividade remota podem minimizar as deficiências proporcionadas pela distância do orientador,

mas da mesma forma que já se pratica em programas de graduação a distância atualmente, recomenda-se a existência de tutores presenciais nos laboratórios dos centros remotos, caso estes ambientes venham a fazer parte da estrutura da instituição ofertante do curso em questão.

Quanto aos conhecimentos prévios de Informática que deverão ser adquiridos pelos alunos, observa-se que as interfaces gráficas existentes permitem um auto-desenvolvimento satisfatório, sendo relevante a apresentação prévia de instruções de utilização dos *softwares* bem como noções básicas de manuseio de arquivos, menus e Internet. Os estudantes com maior domínio de informática exploram com maior facilidade os recursos das ferramentas utilizadas, obtendo, desta forma, um maior aprofundamento e precisão nos resultados dos experimentos. Um cuidado que se deve tomar ao se planejar a utilização destas ferramentas é de que a proficiência a respeito da ferramenta de simulação não se torne mais importante do que o conteúdo estudado. Uma das principais desvantagens da aplicação desta espécie de ferramenta, detectada nesta pesquisa, vem a ser a necessidade de um domínio mínimo dos recursos do *software* para se obter maior aprofundamento e exploração de conteúdos. Isto ocorre mais especificamente com os simuladores *off-line*, haja vista a maior simplicidade dos instrumentos *on-line* e também o fato de estes serem experimentos parcialmente pré-elaborados.

A tecnologia dos laboratórios remotos em desenvolvimento na atualidade poderá trazer uma ferramenta complementar na experimentação prática de programas de ensino a distância. Por mais que venham a ser desenvolvidos dispositivos remotos de baixo custo e com as facilidades de

alterações dos circuitos e componentes remotamente e de utilização de meios de comunicação de banda larga, poderá haver o emprego compartilhado de ferramentas das diversas espécies aqui estudadas, haja vista a peculiaridade e a versatilidade de cada ferramenta individualmente.

Podemos classificar os experimentos tecnológicos em duas categorias básicas: aqueles projetados para tornar conceitos teóricos mais claros e experimentos programados para substituir ensaios de laboratórios reais, cuja finalidade principal é aproximar o estudante de situações em que existam múltiplas variáveis e parâmetros dificilmente controláveis. Experimentos básicos, envolvendo demonstrações e gráficos, encontram nas ferramentas de simulação *on-line* a melhor opção, pela facilidade de intercalação com hipertextos. Esta técnica pode vir a auxiliar, também, na substituição dos exercícios de assimilação e compreensão, comuns em aulas teóricas. Ensaios que envolvem equipamentos mais sofisticados ou que necessitam de ênfases sobre as variáveis ambientais ou sobre os parâmetros reais dos componentes e instrumentos, tendem a ser melhor realizados em laboratórios remotos. Nas situações em que os estudantes devem desenvolver projetos, ensaiá-los em múltiplas situações, com orientação e acompanhamento remoto do professor, os simuladores *off-line* apresentam melhores recursos. Enfim, nenhuma das tecnologias aqui estudadas é excludente, todas são complementares e merecem estudos e melhorias tanto no aspecto funcional como de metodologias para sua melhor aplicação no ensino a distância.

Observa-se, com ensaios em programas de ambientes virtuais, que o exercício simulado sobre as diversas áreas do conhecimento proporciona um

aprimoramento e a facilitação da fixação de conhecimentos na memória de longo termo do ser humano. A liberdade de repetição de ensaios com variáveis diversas e com todos os recursos à disposição a partir de simples “cliques” do *mouse*, permite explorações muitas vezes inviáveis em situações reais.

“As técnicas de simulação, em particular aquelas que utilizam imagens interativas não substituem os raciocínios humanos mas prolongam e transformam a capacidade de imaginação e de pensamento ”(Lévy,1.999).

A experimentação prática virtual e remota ainda merece atenção de pesquisadores no aspecto tecnológico, com o intuito de se ampliar o acesso de estudantes e professores a ferramentas sofisticadas, tais como as empregadas em realidade virtual. A transmissão de vídeo e de imagens com alto grau de detalhamento via Internet ainda é precária mas, com a distribuição por fibra óptica e a ampliação da Internet II, esta deficiência poderá ser contornada gradativamente.

Para Chris Dede (1.995, p.10) “As tecnologias de informação assemelham-se mais às roupas do que ao fogo. O fogo é uma tecnologia maravilhosa porque, sem sabermos nada a respeito de como funciona, pode-se aquecer-se apenas pela aproximação. As pessoas às vezes consideram os computadores, televisores e as telecomunicações frustrantes por esperarem destes dispositivos a emanção de conhecimentos. Mas todas as tecnologias de informação comparam-se mais às roupas, que para tirar-se proveito delas é necessário que elas façam parte do nosso espaço pessoal, costuradas de acordo com as nossas necessidades” .

Portanto, as ferramentas de simulação fazem com que os estudantes adquiram conhecimentos de uma forma participativa e não de forma simplesmente passiva ou observatória.

Para que consigamos concretizar o desafio de levar os estudantes da simples assimilação até a apropriação do conhecimento precisamos desenvolver meios que alavanquem a construção do conhecimento por aprendizes de todos os níveis, ajudando-os a encontrar sentido nas fontes de informação inconsistentes e incompletas (Dede, 1.996).

Cada ser humano responde de forma diferenciada a estímulos externos, em situações diversas, tais como numa simulação e numa ação real. Fazem-se necessárias, também, metodologias próprias de ensino para cada área do conhecimento.

A simples aplicação de aparatos tecnológicos não garante a eficácia do ensino. O simples fato de estudantes e docentes saberem como utilizá-los corretamente não significa que o processo ensino-aprendizagem está se realizando. Muitas vezes o deslumbramento com as novidades e facilidades tecnológicas pode levar a uma dispersão, desviando-se da missão principal da ferramenta. Conforme Lévy (1.993), “não basta ser digital”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASSEN, Alhalabi, MARCOVITZ, David, HAMZA, Khalid E PETRIE, Maria. **Remote Labs: An Innovative Leap in the World of Distance Education.** The 4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2000). Orlando, Florida, 2000.
- CASAS, Luis Alberto Alfaro. **Contribuições para a modelagem de um ambiente inteligente de educação baseado em realidade virtual.** Tese de doutorado. Florianópolis: UFSC, 1999.
- DEDE, C., SALZMAN, M., E LOFTIN, B. **Science Space: Virtual reality for Learning Complex and Abstract Scientific Concepts.** Simpósio Internacional Anual do IEEE, IEEE Press. New York, 1996.
- DEDE, Chris. **Emerging Influences of Information Technology on School Curriculum.** Journal of Curriculum Studies. New York, 2000.
- DEDE, Chris. **Emerging Technologies and Distributed Learning.** The American Journal of Distance Education. New York, Jan. 1996
- DEDE, Chris. **Testimony to the U.S. Congress, House of Representatives, Joint Hearing on Educational Technology in the 21st Century.** Washington, Oct. 1995.
- DU BOULAY, B. e MIZOUGUCHI, R. **The Simquest Authoring System for Simulation-Based Discovery Learning, Artificial Intelligence in Education.** IOS Press. EUA, 1997.
- FIALHO, F. A. P. **Ciências da Cognição.** Florianópolis: Insular, 2001.

FLANAGAN, David. **Java in a Nutshell**. O'Reilly Publications. New York, nov. 1.999.

GEARY, David M. **Graphic Java 2**. Prentice Hall. New York, mar. 1.999.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1.989.

GORDILLO, J.L., MARTINEZ, H., RODRIGUEZ, J.J., RAMOS, F., SUCAR, E., PRECIADO, L., CHIRINOS, L.: **Laboratorio Virtual de Robótica del Sistema ITESM. Propuesta de proyecto para el Sistema ITESM**. Monterrey: mar. 1.995.

HAMBLEEN, James. **Rapid Prototyping of Digital Systems**. Kluwer Academic Publishers . New York, set. 1.999.

HAWKINS, Jan. **O uso de novas tecnologias na educação**. Revista TB, Rio de Janeiro: jan. mar., 1.995.

<http://www.lania.xalapa/spanisch/publications/newsletters/fall947index.html> ,
acessado em 22 /10/2.000

<http://www-cia.mty.itesm.mx/~gordillo/LVRM/LVRM.res.html> acessado em
04/06/2.001

HUISMAN W., VRIES, F. de. **Functions and design of educational simulation programs**. COP , 1.991, Open University Heerlen

JONES, Glenn R.. **Cyber Schools – An Education Renaissance**, 1.997

LEIDNER, D.E. , JARVENPA, S.L. **The use of information technology to enhance management school education: a theoretical view**. MIS Quarterly, Set. 1.995.

LÉVY, Pierre . **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Ed.34, 1.999.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência. O Futuro do pensamento na era da informática.** Rio de Janeiro:Ed. 34, 1.993.

LÉVY, Pierre.**O que é o virtual?** Rio de Janeiro: Ed.34, 1.996.

LITWIN, Edith. **Tecnologia Educacional.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1.997.

LUCHESI, C.C.. **Democratização da educação: ensino a distância como alternativa.** Tecnologia Educacional n°. 89/90/91, Rio de Janeiro: ABT, jul/dez. 1.989

MARTINS, Onilza Borges. **A educação superior a distância e a democratização do saber.** Petrópolis: Vozes, 1.991

NEGROPONTE, Nicholas. **A vida digital.** São Paulo: Companhia das Letras, 1.995.

NISKIER, Arnaldo. **Tecnologia Educacional.** São Paulo: Vozes, 1.993.

RICHARD, Jean-François. **Les Activités Mentales.** Paris: Armand Polin, 1.990

RIOS, Homero Figueroa. **Potencial de la Realidad Virtual,** 1.994.

SAM, Hsu, BASSEN, Alhalabi, and ILYAS, Mohammad. **A Java-Based Remote Laboratory for Distance Education", International Conference on Engineering Education.** Taipei, Taiwan, Ago. 2.000.

TIFFIN, John, RAJASINGHAM, Lalita. **In search of virtual class.** Londres: Routledge, 1.995.

Relação de sites da Internet onde foram efetuadas pesquisas diversas e ensaios com simuladores On-line:

Universidade Aberta da Inglaterra

<http://www.open.ac.uk> (acessado em 01/06/2.001)

Universidade Federal de Santa Catarina

<http://www.ufsc.br>

<http://www.labiutil.inf.ufsc.br> (acessado em 01/06/2.001)

Universidade de Messina - Itália

<http://www.unime.it>

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/index.html (acessado em 11/05/2.001)

Universidade Johns Hopkins - Estados Unidos

<http://www.jhu.edu>

http://www.jhu.edu/virtlab/logic/log_cir.htm (acessado em 10/04/2.001)

Universidade Rei Juan Carlos - Espanha

<http://www.urjc.es/index.html>

<http://www.escet.urjc.es/sinternet/labfisica.html> (acessado em 10/04/2.001)

Universidade de St Andrews - Escócia

<http://www.st-and.ac.uk/>

http://www.st-and.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/experiment/intro.html

(acessado em 11/05/2.001)

**Relação de sites da Internet onde foram efetuadas pesquisas e ensaios
com Laboratórios remotos:**

Florida Atlantic University – Estados Unidos

<http://jupiter.cse.fau.edu/directory.html> (acessado 01/06/2.001)

Instituto Tecnológico de Monterrey - México

<http://www-cia.mty.itesm.mx/~gordillo/LVRM/LVRM.res.html>

(acessado 01/06/2.001)

GLOSSÁRIO

Bancada – móvel geralmente localizado em laboratórios ou oficinas onde ensaios com dispositivos científicos ou tecnológicos são efetuados com o auxílio de instrumentos de geração e medição.

Bode Plotter - instrumento eletrônico de medição que apresenta visualmente gráficos que representam a resposta de dispositivos eletro-eletrônicos a impulsos que são aplicados em suas entradas.

Browser - programa de computador utilizado para o acesso e exploração de páginas da Internet.

Download - ato de efetuar-se a transferência de arquivos ou programas de um computador para outro via redes como a Internet.

Fibra óptica - meio físico composto de material condutor de luz que permite o tráfego de grandes quantidades de informações em grandes distâncias. As informações elétricas são transformadas em impulsos de luz e em seguida para sinais elétricos novamente.

Head Mounted Display: monitor de vídeo e áudio instalados em capacete que permite a visualização de imagens tridimensionais e a audição de sons estereofônicos.

Kit didático – conjunto de componentes e/ou ferramentas desenvolvidos por instituições de ensino com a finalidade de proporcionar aos estudantes a montagem de dispositivos e experimentá-los individualmente em suas próprias casas.

Largura de banda - denominação adotada conforme a medida da quantidade de informações que podem ser transmitidas durante um determinado espaço de tempo através de um canal de comunicações (Tiffin, 1.995)

Lay-out - termo utilizado em Engenharia Eletrônica para a representação de desenhos da disposição de componentes eletro-eletrônicos em placas de fiações.

Network Analyser - instrumento eletrônico de medição que apresenta visualmente gráficos que representam o desempenho de redes eletrônicas de comunicação.

Off-line - ato de estar com o computador desconectado da Internet e/ou redes de computadores (trabalho local)

On-line - ato de estar com o computador conectado à Internet e/ou redes de computadores.

Osciloscópio - equipamento eletrônico de medição que permite a análise quantitativa e qualitativa de sinais eletro-eletrônicos.

Ponta de prova - terminal de contato para teste utilizado em osciloscópios e outros instrumentos de medição eletrônicos reais.

Realidade virtual - "simulação de meio-ambientes e dos mecanismos sensoriais do homem pelo computador, de maneira tal que busca proporcionar ao usuário a sensação de imersão e a capacidade de interação com meio-ambientes artificiais" (Rios, 1.994, p. 1).

- Web - nomenclatura simplificada da Internet, referindo-se à maior rede mundial de computadores
- Website - “endereço/local” na Internet contendo informações sobre instituições ou pessoas.